

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания
по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Расчет и
проектирование систем обеспечения безопасности»
для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная
безопасность»
направленность (профиль) Промышленная и пожарная безопасность
Учебный план 2026 года
Изучается во 2-3 семестрах**

Ставрополь

2026

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» составлены в соответствии со стандартом направления 20.04.01 «Техносферная безопасность».

В них изложены основные теоретические аспекты, необходимые для выполнения лабораторных работ по анализу состояния и оценке инженерных параметров защитных сооружений гражданской обороны, приведены примеры анализа состояния и оценки инженерных параметров, порядок выполнения работ, вопросы для контроля знаний, основная и дополнительная литература.

Составитель: Е. Р. Абдулина, к. т. н., доцент.

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Лабораторная работа №1	
Оценка состояния защитных сооружений гражданской обороны.....	6
Лабораторная работа №2	
Оценка инженерной защиты рабочих и служащих объекта.....	22
Лабораторная работа №3.	
Оценка ЗС по защитным свойствам	37
Лабораторная работа №4	
Правила эксплуатации защитных сооружений ГО	43
Лабораторная работа №5	
Оценка ЗС по защитным свойствам (защита от радиоактивного заражения и защита от избыточного давления во фронте ударной волны ядерного взрыва.....	78
Лабораторная работа №6	
Оценка производственных показателей объекта и определение соответствия ОПФ требованиям ИТМ ГО.....	86
Лабораторная работа №7	
Оценка устойчивости объекта и определение соответствия ОПФ требованиям ИТМ ГО.....	97
Лабораторная работа №8	
Организация работы по исследованию устойчивости объекта экономики в ЧС.....	107
Лабораторная работа №9	
Выбор и оценка эффективности мероприятий по повышению устойчивости работы объекта экономики в ЧС.....	118

ВВЕДЕНИЕ

Защита населения в ЧС – совокупность взаимосвязанных во времени, ресурсам и месту проведения мероприятий РСЧС, направленных на предотвращение или предельное снижение потерь населения и угрозы его жизни и здоровью от поражающих факторов и воздействий источников ЧС.

Мероприятия по защите людей от источников ЧС должны планироваться в объемах, гарантирующих не превышение нормативного воздействия на них возможных поражающих факторов для расчетной ЧС.

В условиях возникновения ЧС мероприятия по защите должны осуществляться в объемах, обеспечивающих не превышение допустимого нормативного воздействия на людей реализовавшихся поражающих факторов.

Для защиты жизни и здоровья населения в ЧС следует применять следующие основные мероприятия:

- использование средств защиты (коллективных, индивидуальных, медицинских);

- эвакуация населения;

- медицинская защита населения;

- социальная защита населения;

- ликвидация, нейтрализация и блокирование источника ЧС и его поражающих факторов;

- повышение устойчивости функционирования объектов экономики в условиях чрезвычайной ситуации и другие мероприятия.

В методических указаниях приведены практические работы, позволяющие оценить состояние защитных сооружений, инженерную защиту рабочих и служащих, параметры микроклимата, освещенности, уровня радиации, шума, концентрации углекислого газа (CO₂) в помещениях ЗС, состояние систем воздухообеспечения, водоснабжения, канализации, пожаротушения и связи и правила эксплуатации защитных сооружений ГО.

Лабораторная работа № 1

Анализ состояния защитных сооружений гражданской обороны

Цель работы: приобрести знания в анализе состояния защитных сооружений

1. Теоретическая часть

Создание объектов гражданской обороны **в период мобилизации и** военное время осуществляется в соответствии с заданиями по **мероприятиям гражданской обороны, предусмотренными в мобилизационных планах** федеральных органов исполнительной власти, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и организаций.

Создание объектов гражданской обороны осуществляется за счет приспособления существующих, реконструируемых и вновь строящихся зданий и сооружений, которые по своему назначению могут быть использованы как объекты гражданской обороны, а также строительства этих объектов.

В мирное время объекты гражданской обороны в установленном порядке могут **использоваться в интересах экономики и обслуживания населения**, а также для защиты населения от поражающих факторов, вызванных чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера, с сохранением возможности приведения их в заданные сроки в состояние готовности к использованию по назначению.

Любое защитное сооружение (ЗС), не используемое длительное время по прямому назначению или используемое, но не по прямому назначению (в качестве склада предприятия, сдается в аренду и т.п.) подлежит **периодическим комиссионным осмотрам**. Их цель – идентификация опасностей.

В работе предусмотрено на основании комиссионного осмотра ЗС и изучения документации оценить возможность использования ЗС по прямому назначению.

Для защиты руководства страны, органов управления, войск и населения от ЧС мирного и военного времени используют следующие виды защитных сооружений (ЗС):

- специальные фортификационные сооружения (СФС);
- войсковые фортификационные сооружения (ВФС);
- защитные сооружения ГО (ЗС ГО).

Эти виды ЗС могут использоваться как для оборудования пунктов управления (ПУ), так и для защиты населения, техники, материальных ценностей.

К объектам гражданской обороны относятся:

- убежища;
- противорадиационные укрытия;
- простейшие укрытия;
- специализированные складские помещения для хранения имущества гражданской обороны;
- санитарно-обмывочные пункты;
- станции обеззараживания одежды и транспорта;
- иные объекты, предназначенные для обеспечения проведения мероприятий по гражданской обороне.

Постановлением Правительства Российской Федерации N 1309 от 29 ноября 1999 г. «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» утвержден **порядок создания убежищ** и иных объектов гражданской обороны.

В документе отмечено, что Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий осуществляет методическое руководство и

контроль за созданием и поддержанием в готовности убежищ и иных объектов гражданской обороны.

Убежища создаются для защиты:

работников наибольшей работающей смены организаций, расположенных в зонах возможных сильных разрушений и продолжающих свою деятельность в период мобилизации и военное время;

работников работающей смены дежурного и линейного персонала организаций, обеспечивающих жизнедеятельность городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, и организаций, отнесенных к категории особой важности по гражданской обороне;

работников атомных станций и организаций, обеспечивающих функционирование и жизнедеятельность этих станций;

нетранспортабельных больных, находящихся в учреждениях здравоохранения, расположенных в зонах возможных сильных разрушений, а также обслуживающего их медицинского персонала;

трудоспособного населения городов, отнесенных к особой группе по гражданской обороне.

Противорадиационные укрытия создаются для защиты:

работников организаций, расположенных за пределами зон возможных сильных разрушений и продолжающих свою деятельность в период мобилизации и военное время;

населения городов и других населенных пунктов, не отнесенных к группам по гражданской обороне;

населения, эвакуируемого из городов, отнесенных к группам по гражданской обороне, зон возможных сильных разрушений организаций, отнесенных к категории особой важности по гражданской обороне, и зон возможного катастрофического затопления.

Специализированные складские помещения создаются для хранения средств индивидуальной защиты, приборов радиационной и

химической разведки, дозиметрического контроля и другого имущества гражданской обороны.

Санитарно-обмывочные пункты, станции обеззараживания одежды и транспорта и иные объекты гражданской обороны создаются для обеспечения медицинской защиты и первоочередного жизнеобеспечения населения, санитарной обработки людей и животных, специальной обработки одежды и транспортных средств.

Убежища должны обеспечивать защиту укрываемых от расчетного воздействия поражающих факторов:

- ядерного оружия (ЯО);
- обычных средств поражения (без учета прямого попадания);
- бактериальных (биологических) средств (БС);
- отравляющих веществ (ОВ),
- при необходимости от:
- катастрофического затопления;
- аварийно химически опасных веществ (АХОВ);
- радиоактивных продуктов при разрушении ядерных энергоустановок;
- высоких температур и продуктов горения при пожарах.

Системы жизнеобеспечения убежищ должны обеспечивать непрерывное пребывание в них расчетного количества укрываемых в течение **двух суток** (за исключением убежищ, размещаемых в ЗВСП вокруг АС).

Убежища классифицируются по следующим признакам:

- защитным свойствам;
- вместимости;
- месту расположения;
- времени возведения;
- материалу конструкций;
- обеспечению электроэнергией;
- обеспечению фильтровентиляционным оборудованием (ФВО);
- характеру использования в мирное время.

По **защитным свойствам** классификация убежищ определена требованиями ИТМ ГО. В зависимости от расчетной величины избыточного давления во фронте ударной волны ($\Delta P\phi$) и коэффициента ослабления воздействия ионизирующих излучений убежища подразделяют на 4 класса – А-IV, А-III, А-II, А-I (таблица 1.1).

Таблица 1.1

Класс убежища	Расчетная величина избыточного давления, $\Delta P\phi$, МПа	Коэффициент ослабления воздействия ионизирующих излучений (A)
А-I	0,5	5000
А-II	0,3	3000
А-III	0,2	2000
А-IV	0,1	1000

По **вместимости** убежища могут быть:

малыми – до 150 чел.;

средними – 150 – 600 чел.;

большими – 600 – 5000 чел. и более.

Убежища вместимостью менее 150 человек строят в тех случаях, когда это обосновывается конкретными местными условиями, а также экономической целесообразностью. При увеличении вместимости до 1000 – 2000 чел. заметно снижается стоимость строительства убежищ, в расчете на одного укрываемого.

По **месту расположения** убежища подразделяются на:

отдельно стоящие, строящиеся вне зданий и сооружений (заглубленные или полузаглубленные);

встроенные, расположенные в подвалах и первых этажах зданий и сооружений; оборудуемые в горных выработках (угольных, рудных, соляных, известковых, гипсовых) и естественных полостях;

при возведении в особых условиях – в северной строительно-климатической зоне, зоне возможных затоплений, зоне размещения атомных

энергетических объектов и ХОО. а также на предприятиях со взрывопожарной технологией;

в подземных сооружениях городского строительства – пешеходные и транспортные тоннели, заглубленные гаражи, коллекторы.

По времени возведения убежища делятся на:

заблаговременно возводимые, строящиеся, в основном, в мирное время;

быстровозводимые (с упрощенным оборудованием) на свободных площадках.

По материалу конструкций убежища могут быть:

из лесоматериалов;

комплексные;

с каменными (блочными) стенами;

тканевые и тканекаркасные;

металлические;

железобетонные.

Железобетонные в свою очередь делятся на сборно-монолитные сооружения, монолитные и сборные. Достаточно широкое распространение получили сборно-монолитные, например, из конструкций серии У-01-01 с балочным перекрытием, У-01-02 с безбалочным перекрытием.

По обеспечению электроэнергией сооружения делятся на:

обеспечиваемые от сети города или предприятия;

обеспечиваемые от сети города и защищенного источника (дизель-электрической станции).

По обеспечению фильтровентиляционным оборудованием (ФВО) убежища делятся на:

убежища с ФВО промышленного изготовления (на два и три режима вентиляции);

убежища с упрощенным ФВО в сочетании с промышленным оборудованием (на один, два и три режима вентиляции).

По использованию в мирное время убежища делятся на:

производственные помещения;
складские помещения
культурно - досуговые;
помещения ремонтных бригад и дежурного персонала;
вспомогательные помещения лечебных учреждений;
помещения бытового обслуживания и торговли;
спортивные помещения;
гаражи;
стоянки;
санитарно-бытовые помещения (гардеробные, умывальные);
технологические, транспортные и пешеходные тоннели;
коллекторы.

Противорадиационные укрытия предназначены для обеспечения защиты укрываемых от воздействия ионизирующих излучений при радиоактивном заражении (загрязнении) местности (РЗМ) и допускают непрерывное пребывание в них расчетного количества укрываемых в течение двух суток (за исключением ПРУ, размещенных в ЗВСР вокруг АС).

Противорадиационные укрытия классифицируют по следующим признакам:

- по защитным свойствам;
- по вместимости;
- по фонду помещений под ПРУ;
- по обеспечению вентиляции.

ПРУ по степени защиты подразделяют на 5 групп: П-1; П-2; П-3; П-4; П-5 в зависимости от расчетной величины ослабления радиационных воздействий (коэффициента защиты K_z).

Простейшие укрытия – это сооружения, которые обеспечивают частичную защиту укрываемых от воздушной ударной волны (ВУВ), светового излучения и обломков разрушенных зданий, а также снижают

воздействие проникающей радиации и радиоактивных излучений на РЗМ, кроме того защищают от непогоды и других неблагоприятных условий.

К простейшим укрытиям относятся:

щели (открытые и перекрытые);

траншеи (с одеждой крутости или без нее);

подвалы и подполья (из лесоматериалов и других местных материалов);

землянки, навесы;

цокольные и первые этажи зданий и другие заглубленные помещения.

Степень защиты, конструктивно-планировочные решения, требования к системам жизнеобеспечения защитных сооружений ГО и порядок их использования в мирное время определяются **нормами проектирования инженерно-технических мероприятий ГО (ИТМ ГО), строительными нормами и правилами СНиП II-11-77*«Защитные сооружения ГО»** и другими нормативными документами по проектированию жилых, общественных производственных и вспомогательных зданий и сооружений.

Комплекс мероприятий, осуществляемый с целью укрытия всего населения страны в ЗС, при угрозе нападения противника, называется **системой инженерной защиты населения.**

Система включает:

Приведение в готовность всех имеющихся убежищ и ПРУ, а также быструю достройку строящихся ЗС.

Осуществление на **территории городов – вероятных целей применения ССП:**

а) массового строительства быстровозводимых убежищ на предприятиях;

б) приспособление подвалов и подземных помещений, а также горных выработок на предприятиях и в жилой зоне (1 очередь работ 10 – 12 ч, при усилении перекрытий – 24 ч);

в) строительство простейших укрытий по месту жительства и в местах возможного массового скопления людей (щели в течение 10 – 12 ч, перекрытия – 24 ч).

3. На территории **других городов (не целей) и в сельской местности:**

а) приспособление под ПРУ подвалов, погребов, горных выработок и других заглубленных помещений (10 – 12 ч, при усилении перекрытий – 24 ч);

б) приспособление наземных помещений, вне зон возможных разрушений, под ПРУ (10 – 12 ч);

в) строительство простейших укрытий;

г) строительство быстровозводимых и противорадиационных укрытий для укрытия местного населения (24 ч) и эвакуируемых (48 ч).

Следует иметь в виду, что строящиеся убежища с готовностью выше 50% достраиваются по проекту, остальные – с установкой упрощенного оборудования.

Мероприятия по укрытию **всего населения страны**, прежде всего, должны осуществляться за счет **приспособления** для целей защиты **различных зданий и сооружений**. К новому строительству приходится прибегать, главным образом, в зонах возможных сильных разрушений, т. к. подавляющее большинство зданий не способно выдержать нагрузок ударной волны ядерного взрыва.

Защитные сооружения ГО на атомных станциях (АС) и химически опасных объектах (ХОО) содержатся в готовности к **немедленному приему укрываемых**.

Защита наибольших работающих смен (НРС) объектов экономики, расположенных в зонах возможных сильных разрушений ($\Delta P \phi \geq 30$ кПа) (ЗВСП) и продолжающих свою деятельность в военное время, а также работающей смены дежурного и линейного персонала предприятий, обеспечивающих жизнедеятельность категорированных городов (КГ) и объектов экономики особой важности (ОВ) осуществляется в убежищах.

Защиту НРС объектов первой и второй категории по ГО и других объектов, расположенных за пределами ЗВСР, в также населения, проживающего в некатегорированных городах, поселках и сельских населенных пунктов, и населения, эвакуируемого в указанные населенные пункты, планируется осуществлять в противорадиационных укрытиях (ПРУ).

Порядок создания объектов ГО различного уровня

Создание объектов гражданской обороны в мирное время осуществляется на основании планов, разрабатываемых федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и согласованных с Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и Министерств экономики Российской Федерации.

Общую потребность в объектах гражданской обороны для организаций, находящихся в сфере их ведения определяют **федеральные органы исполнительной власти** по согласованию с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Они:

- организуют создание объектов гражданской обороны;

- принимают в пределах своей компетенции нормативные акты по созданию объектов гражданской обороны, доводят их требования до сведения указанных организаций и контролируют их выполнение;

- осуществляют контроль за созданием объектов гражданской обороны и поддержанием их в состоянии постоянной готовности к использованию;

- ведут учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны.

Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органы местного самоуправления на соответствующих территориях:

- определяют общую потребность в объектах гражданской обороны;

создают в мирное время объекты гражданской обороны и поддерживают их в состоянии постоянной готовности к использованию;

осуществляют контроль за созданием объектов гражданской обороны и поддержанием их в состоянии постоянной готовности к использованию;

ведут учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны.

Организации:

создают в мирное время по согласованию с федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, в сфере ведения которых они находятся, объекты гражданской обороны;

обеспечивают сохранность объектов гражданской обороны, принимают меры по поддержанию их в состоянии постоянной готовности к использованию;

ведут учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий:

принимает в пределах своей компетенции нормативные правовые акты по созданию объектов гражданской обороны и поддержанию их в состоянии постоянной готовности к использованию;

участвует в проведении государственной экспертизы проектов строительства, реконструкции и технического перевооружения объектов гражданской обороны;

организует согласование типовых и индивидуальных проектов объектов гражданской обороны;

организует учет существующих и создаваемых объектов гражданской обороны;

осуществляет методическое руководство и контроль за созданием объектов гражданской обороны и поддержанием их в состоянии постоянной готовности к использованию.

Осмотр, как правило, проводится поэтапно: внешний (или рекогносцировка) и внутренний.

Цель внешнего осмотра помещений ЗС – идентификация опасностей снаружи ЗС.

При внешнем осмотре ЗС необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

назначение данного ЗС (от чего защищает, кого защищает);

тип (убежище, противорадиационное укрытие, встроенное, отдельно стоящее, заглубленное, подземное и т.п.);

расположение (на объекте, вблизи объекта, вне объекта и т.п.) и удаленность от мест эвакуации;

наличие путей эвакуации, основного и запасного защитно – герметического входа (выхода);

обеспечение безопасности (наличие охраны, защиты от несанкционированного доступа, пожарная безопасность и др.);

состояние вводов систем централизованного жизнеобеспечения (электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, связь и т.п.), возможность автономного жизнеобеспечения (наличие естественных водоемов, автономных электростанций, средств пожаротушения).

В выводах на основании внешнего осмотра определяют степень готовности ЗС к использованию по прямому назначению (готово, не готово, частично готово), а в предложениях намечают мероприятия (организационные, эксплуатационные, капитальные) по повышению готовности ЗС и устранению отмеченных недостатков.

Цель внутреннего осмотра помещений ЗС – идентификация опасностей внутри ЗС.

Осмотр помещений осуществляют визуально с опробованием всех систем жизнеобеспечения (свет, вода, тепло, связь и т.п.). В процессе его проведения устанавливают соответствие осматриваемых помещений их назначению, проверяют наличие необходимого оборудования и материалов (резервные емкости для воды, доски для нар, переносные фонари, инвентарь, средств пожаротушения и т. п.).

Итоги осмотра отражаются в акте, в котором должны быть указаны результаты осмотра ЗС, проверки защитных свойств и систем жизнеобеспечения, подтвержденные инженерными расчетами.

В выводах на основании осмотра помещений ЗС определяют их готовность к работе, а в предложениях намечают первоочередные мероприятия и реализуемые во вторую очередь, т.е. необходимые для работы персонала.

Если ЗС закрыто на капитальный ремонт и невозможно осмотреть помещения, эту работу проводят по документам и материалам комиссионного осмотра, проведенного ранее.

После каждого этапа члены комиссии готовят **докладные записки**, в которых в обязательном порядке делаются выводы и формулируются предложения, связанные с устранением отмеченных недостатков и направленные на поддержание ЗС в эксплуатационном состоянии.

Докладные записки составляют на основании выводов и предложений, сформулированных при внешнем и внутреннем осмотре ЗС. Её оформляют на бланке объекта (предприятия, учреждения), адресуют руководителю.

Подписывают ДЗ председатель и члены комиссии.

Текст ДЗ должен содержать:

время, цель осмотра, состав смотровой комиссии;

порядок поэтапной проверки элементов ЗС;

перечень замечаний (положительных и недостатков);

краткие выводы;

конкретные предложения.

3. Задания

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

Произвести внешний осмотр одного из ЗС промышленных объектов. Сделать выводы о степени готовности ЗС к использованию по прямому назначению (готово, не готово, частично готово). Наметить мероприятия (организационные, эксплуатационные, капитальные) по повышению готовности ЗС и устранению отмеченных недостатков.

Произвести внутренний осмотр одного из ЗС промышленных объектов. Установить соответствие осматриваемых помещений их назначению. Проверить наличие необходимого оборудования и материалов (резервные емкости для воды, доски для нар, переносные фонари, инвентарь, средств пожаротушения и т. п.). Сделать выводы о степени готовности ЗС к использованию. Наметить мероприятия (организационные, эксплуатационные, капитальные) по повышению готовности ЗС и устранению отмеченных недостатков.

4. Составить докладную записку (ДЗ) руководителю объекта по результатам внешнего и внутреннего осмотров ЗС.

4. Вопросы к лабораторной работе

1. Что понимают под защитой населения в ЧС?
2. Перечислите основные мероприятия для обеспечения защиты жизни и здоровья населения в ЧС.
3. Для чего предназначены защитные сооружения гражданской обороны?
4. Перечислите основные направления по созданию фонда ЗС и его наращиванию.

5. Перечислите основные типы защитных сооружений гражданской обороны.

6. По каким признакам классифицируются убежища?

7. Произведите классификацию убежищ по вместимости.

8. Произведите классификацию убежищ по месту расположения.

9. Произведите классификацию убежищ по времени введения.

10. Произведите классификацию убежищ по материалу конструкций.

11. Произведите классификацию убежищ по обеспечению электроэнергией.

12. Произведите классификацию убежищ по фильтровентиляционному оборудованию.

13. Произведите классификацию убежищ по использованию в мирное время.

14. Для чего предназначены противорадиационные укрытия?

15. Произведите классификацию противорадиационных укрытий по вместимости.

16. Произведите классификацию противорадиационных укрытий по фонду помещений.

17. Произведите классификацию противорадиационных укрытий по обеспечению вентиляцией.

18. Простейшие укрытия. Виды и назначение.

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Лабораторная работа №2

Оценка инженерной защиты рабочих и служащих объекта

Цель работы: приобрести знания в оценке инженерной защиты рабочих и служащих объекта

1. Теоретическая часть

Подготовка защитных сооружений к приему укрываемых

Защитные сооружения необходимо постоянно содержать в состоянии готовности. Это обеспечивается выполнением установленных требований и правил эксплуатации.

Для подготовки убежища по приему укрываемых необходимо провести следующие подготовительные работы:

Вскрыть помещение, опечатанное в мирное время, расконсервировать все оборудование и приборы;

Открыть все входы для приема укрываемых;

Вынести из помещения громоздкое оборудование, материалы и изделия, препятствующие размещению людей;

Проветрить и при необходимости провести дезинфекцию в помещениях;

Расчистить подходы к убежищу, установить надписи и указатели, включить табло «Вход»;

Проверить системы воздухооборудования, водоснабжения, канализации, электроснабжения, при необходимости произвести пробный пуск ДЭС;

Выключить работу технологического оборудования;

Установить пары или скамейки для размещения людей, завести необходимое имущество и ремонтный материал;

Установить и подключить радио и телефон;

Дополнить аптечку необходимыми медикаментами;

Заполнить баки питьевой воды;

Пополнить убежище недостающим инструментом, приборами, материалами согласно табелю оснащения.

Время приведения убежища по приему укрываемых не должно превышать 12 часов.

Работы по подготовке защитных сооружений выполняет личный состав формирований по обслуживанию убежища, эксплуатируемого в мирное время, под контролем и руководством штаба ГО.

Для обслуживания убежища создается звено обслуживания, которое включает: комендант, он же командир звена – 1; контролер – 3; электрик – 1; слесарь ФВУ – 1; слесарь водопровода и канализации – 1; разведчик – химик – 1; разведчик – дозиметрист – 1; медсестра – 1.

Правила заполнения защитных сооружений и поведение укрываемых людей

Рабочие и служащие по сигналу «Внимание всем!» должны включить радио, прослушать информацию и действовать в соответствии с ней:

- прекратить работу;

- выключить станки, электрооборудование и укрыться в защитном сооружении;

- направление движения к защитному сооружению от цеха желательно указывать подписями и указателями, устанавливаемыми по маршруту движения на видных местах;

- надписи – указатели и табло «Вход» должны быть освещены;

- заполнять убежище следует организованно, без паники;

- лица, прибывшие с детьми, размещаются в отдельных отсеках или в комнате матери с ребенком;

- сразу после заполнения убежища все двери и отверстия – закрываются.

Укрываемые обязаны содержать в готовности СИЗ:

- медицинские средства;

- противогазы;

- респираторы;

ПТМ, ВМП.

Главные защитные характеристики убежищ:

$\Delta P\phi$ – избыточное давление воздуха;

$K_{защ}$ – коэффициент защищенности по радиоактивному заражению.

Для убежищ и противорадиационных укрытий $K_{защ} = 100, \dots, 5000$;

K_c – коэффициент снижения дозы внутреннего облучения. Для убежищ и противорадиационных укрытий $K_c = 2, \dots, 100$.

Помещения убежищ подразделяют на основные и вспомогательные.

Основные – помещения для укрываемых, медицинские пункты (МП), пункты управления (ПУ), тамбур – шлюзы.

Вспомогательные – фильтровентиляционные помещения (ФВП), санузлы (СУ), дизельные, входы и выходы.

Основные нормативные эксплуатационно – технические характеристики убежища:

площадь пола на одного укрываемого $S = 0,5 \text{ м}^2/\text{чел}$ (двухъярусное расположение) и $0,4 \text{ м}^2$ на каждого укрываемого при трехъярусном расположении;

высота помещения определяется спецификой их использования в мирное время, но должна быть не менее 2м. Трехъярусное расположение мест возможно, если высота помещения составляет не менее 2,9 м.;

места для сидения укрываемых должны иметь размеры $0,45 \times 0,45 \text{ м}$, а места для лежания $0,56 \times 1,8 \text{ м}$. Количество мест для лежания должно приниматься равным 20% вместимости сооружения при двухъярусном расположении нар и 30% – при трехъярусном;

высота скамей первого яруса – $0,45 \text{ м}$, второго – $1,4 \text{ м}$, третьего – $2,15 \text{ м}$ от пола. Ширина проходов между поперечными рядами – $0,7 \text{ м}$, между продольными рядами – $0,75 - 0,85 \text{ м}$ в зависимости от числа мест в ряду. Расстояние от нар верхнего яруса до потолка не менее 75 см . Доски должны быть толщиной $4 - 5 \text{ см}$;

внутренний объем помещения на одного укрываемого $V \geq 1,5 \text{ м}^3/\text{чел}$;

Площади вспомогательных помещений выбираются при условии от 0,11 до 0,3 м² на каждого укрываемого в зависимости от вместимости и технического оснащения соответствующего убежища.

Время пребывания в убежище ограничивают двумя сутками.

Время заполнения убежища на 150 чел – 12 мин.

Оценка инженерной защиты рабочих и служащих промышленного объекта включает:

Оценку убежища по вместимости:

Количество мест для размещения укрываемых M рассчитывают, исходя из нормы площади на одного укрываемого $S_1 = 0,5 \text{ м}^2$

$$M = \frac{S_n}{S_1}, \quad (2.1)$$

где S_n – площадь для укрываемых.

Количество нар(H), из расчета один нары на 5 человек (S)

$$H = \frac{M}{S}. \quad (2.2)$$

Коэффициент вместимости $K_{вм}$

$$K_{вм} = \frac{M}{N}, \quad (2.3)$$

где N – численность рабочих и служащих в цехе, чел.

Обычно защитные сооружения рассчитывают на численность наибольшей работающей смены (HPC) на предприятии.

Расчет численности наибольшей работающей смены на предприятии

При наличии штатного расписания расчет HPC производят по формуле

$$HPC = (Прс + Пддс + По + Групп/бр) : S + Побс, \quad (2.4)$$

где HPC – наибольшая работающая смена;

$Прс$ – персонал рабочих, служащих, руководителей, входящих в состав смены, человек;

$Пддс$ – персонал дежурной диспетчерской службы, человек;

$По$ – персонал охраны (вахтовый персонал), человек;

Групп/бр – группа управления (руководящий состав) смен боевого расчета, человек;

S – количество смен в сутки в военное время;

Побс – персонал, обслуживающий работающие смены, человек.

При отсутствии штатного расписания

$$HPC = (Pвс + Пддс + По + Групп/бр) : S + Побс - Пвсрф + \frac{Пзам}{2.5} \quad (2.5)$$

где *Пвс* – всего рабочих, служащих, руководителей, входящих в состав смены, человек;

Пддс – персонал дежурной диспетчерской службы, человек;

По – персонал охраны (вахтовый персонал), человек;

Групп/бр – группа управления (руководящий состав) смен боевого расчета, человек;

Пвсрф – персонал, убывающий в ВС РФ, человек;

Пзам – персонал, подготовленный отделом кадров на смену убывающим в ВС РФ, человек;

S – количество смен в сутки в военное время;

По разработанной методике расчет численности трудовых ресурсов для предприятий целесообразно вести в следующем порядке:

определить нормативную технологическую трудоемкость продукции;

определить баланс рабочего времени на одного работающего в рабочем году и т. д.

В помещениях для укрытия персонала укрываемые размещаются на нарах из досок в 2 яруса (при высоте потолка 2,15-2,9 м) или в 3 яруса (при высоте потолка более 2,9 м). При двухъярусном расположении на одного укрываемого должно приходиться 0,5 м² площади пола (при трехъярусном 0,4 м²) и не менее 1,5 м³ внутреннего объема помещения.

В комплект нар входят нары нижнего яруса размером 180*45 см (для сидения 4-х человек) и нары верхнего яруса такого же размера для лежания одного человека или двух, если комплект трехъярусный. Расстояние от нар

верхнего яруса до потолка не менее 75 см. Доски должны быть толщиной 4 – 5 см. Между нарами предусматривается проход 85 см.

Оценка убежища по защитным свойствам

В зависимости от источника взрыва и его расстояния до ЗС по графику или справочным данным находят фактическое значение избыточного давления) $\Delta P_{ф}$ и сравнивают с требуемым значением избыточного давления $\Delta P_{убежища} = 100 \text{ кПа}$.

По результатам сравнения делают вывод – обеспечивают ли защитные свойства убежища защиту рабочих и служащих?

Оценку системы жизнеобеспечения убежища:

Оценка системы воздухообеспечения

В зависимости от системы воздухообеспечения определяют количество подаваемого в помещение воздуха W_{OI} в режиме вентиляции I

$$W_{OI} = n * W, \quad (2.6)$$

где n – количество вентиляционных установок;

W – производительность вентиляционной установки, в режиме работы I, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Рассчитывают количество людей, обеспечиваемых воздухом (No_I)

$$No_I = \frac{W_{OI}}{W_1}, \quad (2.7)$$

где W_1 – норма подачи воздуха в режиме работы I, $\text{м}^3/\text{ч}$. Для 1 климатической зоны - 7, для второй климатической зоны - 10, для третьей климатической зоны - 14, для четвертой климатической зоны - 24.

Определяют возможность системы W_{OII} в режиме II (фильтровентиляции)

$$W_{OII} = n * W, \quad (2.8)$$

где n – количество вентиляционных установок;

W – производительность вентиляционной установки, в режиме работы II, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Находят количество людей, обеспечиваемых воздухом в режиме вентиляции II

$$No_{II} = \frac{Wo_{II}}{W_{II}}. \quad (2.9)$$

W_{II} – норма подачи воздуха в режиме работы II, м³/ч. Воздух подается из расчета: 2 м³/ч - на одного укрываемого; 5 м³/ч ~ на одного работающего в пункте управления.

Рассчитывают коэффициент воздухоснабжения $K_{в.с}$

$$K_{в.с} = \frac{No_I}{N}. \quad (2.10)$$

Делают вывод о возможности системы воздухоснабжения обеспечить укрываемых в убежище воздухом.

Оценка системы водоснабжения

Определяют возможности системы водоснабжения, $W_{в.с}$, чел

$$W_{в.с.} = \frac{W_{вод}}{W_o}, \quad (2.11)$$

где $W_{вод}$ – аварийный запас воды, л;

W – норма потребления воды одним укрываемым, л.

Рассчитывают коэффициент водоснабжения $K_{в.с.}$

$$K_{в.с.} = \frac{W_{в.с.}}{N}. \quad (2.12)$$

Делают вывод о возможности системы водоснабжения обеспечить аварийным запасом воды укрываемых в убежище.

3. Оценка возможности укрытия рабочих, служащих и членов их семей в загородной зоне:

Оценить возможность подселения рабочих, служащих и членов их семей.

Число людей, которых можно подселить в загородной зоне

$$N_{подс} = \sum_{i=1}^l N_{подсi}, \quad (2.13)$$

где $N_{подсi} = (S_{ни} - S_{ми})/S_d$ – число людей, подсеяемых в i -ый населенный пункт;

$S_{ни}$ – общая площадь жилого фонда в i -ом населенном пункте;

$S_{мн}$ – общая площадь жилого фонда, занятая местным населением;

S_{∂} – норма площади на одного человека при проживании в домах ($S_{\partial} = 3\text{м}^2$);

l – количество населенных пунктов для размещения рабочих, служащих и членов их семей.

Если обозначить общее число рабочих, служащих и членов их семей $N_{тп}$, то для выполнения условия расселения необходимо, чтобы выполнялось неравенство

$$N_{подс} \geq N_{тп}$$

В случае невыполнения этого неравенства требуется изыскать дополнительную площадь;

Оценить возможность укрытия рабочих, служащих, членов их семей и местного населения в имеющихся заглубленных сооружениях.

Сначала определить число людей по каждому населенному пункту, которых нужно укрыть

$$N_{укрi} = N_{подсi} + N_{мнi}, \quad (2.14)$$

где $N_{мнi}$ – количество местного населения в i -м населенном пункте.

Общее число укрываемых определить по формуле

$$N_{укр} = \sum_{i=1}^l N_{укрi}, \quad (2.15)$$

Площадь заглубленных сооружений, которая требуется для укрытия людей, будет равна

$$S_{тп} = N_{укр} * S_{укр}^*, \quad (2.16)$$

где $S_{укр}$ – норма площади на одного укрываемого ($S_{укр}^* = 0,6 \text{ м}^2$).

Имеющуюся общую площадь заглубленных сооружений в загородной зоне определяем как сумму $S_{укрi}$

$$S_{укр} = \sum_{i=1}^l S_{укрi}, \quad (2.17)$$

где $S_{укрi}$ – общая площадь заглубленных сооружений в i -м населенном пункте.

Возможность укрытия людей в загородной зоне можно оценить неравенством $S_{mp} \geq S_{укр}$.

Если же это неравенство не выполняется, то произвести расчет потребного количества защитных сооружений в каждом населенном пункте;

Рассчитать недостающее количество защитных сооружений.

Для этого определить численность населения, не укрывающегося в имеющихся заглубленных сооружениях из-за недостаточной их вместимости ($N_{ну_i}$)

$$N_{ну_i} = N_{укр_i} - N_{укр_i}^*, \quad (2.18)$$

где $N_{укр_i}^* = S_{укр_i} / S_{укр}^*$ – число людей, которых можно укрыть в имеющихся заглубленных сооружениях в i -м населенном пункте.

Количество защитных сооружений, которые нужно построить в i -м населенном пункте $n_i = N_{ну_i} / N_n$,

где N_n – число людей, укрывающихся в одном защитном сооружении.

Общее количество защитных сооружений, которые надо построить, равно

$$n_{общ} = \sum_{i=1}^l n_i. \quad (2.19)$$

При срочном строительстве защитных сооружений в сельской местности, сначала строят щели вместимостью на 40 чел. с последующим дооборудованием их под ПРУ.

Пример

Исходные данные:

Объект расположен в районе с умеренным климатом. Средняя температура 20 – 25 °С, II климатическая зона;

Емкость с углеводородным газом $Q = 8$ т;

Расстояние от емкости до цеха $L = 250$ м;

Время на заполнение убежища – 8 мин;

Расположение рабочих участков относительно убежища:

Участок 1 (200чел) – 100м;

Участок 2 (510чел) – 300м.

Всего рабочих и служащих в цехе – $N = 710$ чел;

Характеристика убежища:

встроенное, выдерживающее динамические нагрузки –

ΔP убежища = 100 кПа;

площадь для укрываемых (S_n) – 285 м²;

система воздухооборота ФВК-1 – 5 единиц;

водоснабжение от общей заводской сети, аварийный запас воды – 6000 л.;

Электроснабжение – от сети промышленного объекта, аварийный источник – аккумуляторные батареи.

Последовательность расчетов

Оценка убежища по вместимости

Количество мест для размещения укрываемых M из расчета нормы площади на одного укрываемого $S_1 = 0,5$ м² (формула (2.1))

$$M = \frac{285}{0,5} = 570.$$

Количество нар, из расчета один нар на 5 человек (H) (формула (2.2))

$$H = \frac{570}{5} = 114 \text{ нар.}$$

Коэффициент вместимости $K_{вм}$ (формула (2.3))

$$K_{вм} = \frac{570}{710} = 0,8.$$

Вывод: Убежище позволяет принять 80 % рабочих и служащих для размещения которых необходимо установить 114 нар, обеспечивающих 20 % мест для лежания, 80 % для сидения.

Оценка убежища по защитным свойствам

По исходным данным емкости $Q = 8$ т и расстоянию 250 м определяют (по графику или справочным данным) фактическое значение избыточного давления) $\Delta P_{ф} = 20$ кПа

Сравниваем защитные свойства убежища с требуемыми

$$\Delta P_{ф} = 20 \text{ кПа и } \Delta P \text{ убежища} = 100 \text{ кПа}$$

Вывод: По защитным свойствам убежище обеспечивает защиту рабочих и служащих.

Оценка системы жизнеобеспечения убежища

Оценка системы воздухообеспечения

Определяют возможность системы в режиме I (чистой вентиляции), исходя из того, что система воздухообеспечения включает ФВК-1 – 5единиц. (формула (2.6))

$$W_{OI} = 5 * 1200 = 6000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Рассчитывают количество людей, обеспечиваемых воздухом (формула (2.7)) (норма подачи воздуха для II климатической зоны – $10 \text{ м}^3/\text{ч}$)

$$N_o = \frac{6000}{10} = 600 \text{ чел}$$

Определяют возможность системы в режиме II (фильтровентиляции) (формула (2.8))

$$W_{OII} = 5 * 300 = 1500 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Находят количество людей, обеспечиваемых воздухом (формула (2.9))

$$N_{OII} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ чел.}$$

Рассчитывают коэффициент воздухообеспечения (формула (2.10))

$$K_{в.с} = \frac{600}{710} = 0,85.$$

Вывод: Система воздухообеспечения обеспечивает воздухом укрываемых в убежище на расчетную вместимость, а если укрыть 710 человек, то система воздухообеспечения может обеспечить 85 % укрываемых.

Оценка системы водоснабжения

Определяют возможности системы водоснабжения (формула (2.11))

$$W_{в.с.} = \frac{6000}{10} = 600.$$

Рассчитывают коэффициент водоснабжения $K_{в.с.}$ (формула (2.12))

$$K_{в.с.} = \frac{600}{710} = 0,85$$

Вывод: Система водоснабжения обеспечивает аварийным запасом воды на рассчитанную вместимость убежища, а с учетом укрытия 710 человек на 85%

Общие выводы:

Инженерной защитой обеспечивается 80% рабочих;

По вместимости убежище обеспечивает 570 человек, что составляет 80% укрываемых;

Для обеспечения всего производственного персонала численностью 710 человек необходимо построить убежище вместимостью 150 человек, в которых разместятся остальные 140 человек.

До завершения строительства необходимо предусмотреть защиту не укрываемой части.

3. Задания

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

Оценить инженерную защиту рабочих и служащих при взрыве ГВС. Вариант выбрать в соответствии с данными таблицы 2.1.

Сделать выводы о возможности обеспечения инженерной защиты рабочих и служащих при взрыве ГВС для проведенного варианта расчета.

Защита выполненной работы.

Таблица 2.1

№ варианта	Климат. зона	Емкость, тонн	Расстояние, м	Расстояние, м		Количество людей		Характеристика убежища, кПа.	Площадь для укрываемых	Система водоснабжения	Запас воды, л	Время заполнения, мин.
				уч.1	уч.2	уч.1	уч.2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	II	10	190	200	200	200	150	100	280	3фвк-1	4000	8
2	III	20	250	150	300	400	200	100	200	4фвк-1	6000	8
3	IV	15	150	100	450	200	300	100	200	2фвк-1	10000	10

4	I	5	120	50	100	50	150	100	200	1фБК-1	4000	5
5	II	30	285	150	150	50	150	100	250	1фБК-1	2000	6
6	III	24	220	150	100	100	300	100	250	3фБК-1	2000	6
7	IV	5	250	300	200	50	250	100	300	2фБК-1	5000	8
8	IV	6	380	100	100	400	100	100	200	3фБК-1	6000	4
9	I	1	150	200	200	400	100	100	200	4фБК-1	4000	6
10	II	20	180	250	150	150	150	100	250	3фБК-1	4000	5
11	II	1	200	300	300	300	300	100	385	4фБК-1	10000	8
12	III	5	230	100	150	150	150	100	285	3фБК-1	4000	6
13	IV	2	100	200	250	300	200	100	300	4фБК-1	5000	8
14	I	3	120	400	200	50	300	100	400	3фБК-1	6000	9
15	II	2	150	300	200	100	200	100	350	3фБК-1	8000	8
16	III	25	180	200	150	150	200	100	300	2фБК-1	8000	6
17	IV	3	200	150	200	200	200	100	285	2фБК-1	7000	6
18	IV	4	220	250	250	250	200	100	275	2фБК-1	8000	8
19	IV	5	380	300	300	300	200	100	400	3фБК-1	6000	8
20	I	6	270	180	200	350	150	100	350	3фБК-1	4000	6
21	II	7	280	150	200	400	100	100	385	4фБК-1	5000	6
22	III	8	420	200	200	200	100	100	285	2фБК-1	8000	6
23	IV	9	300	150	200	200	150	100	300	3фБК-1	5000	6
24	I	10	440	300	200	200	200	100	285	3фБК-1	4000	8
25	II	20	380	250	150	150	250	100	290	3фБК-1	5000	6
26	III	25	400	200	300	300	300	100	300	2фБК-1	6000	8
27	IV	4	220	150	300	300	350	100	355	3фБК-1	5000	8
28	I	5	250	250	300	250	300	100	290	3фБК-1	4000	6
29	II	6	380	380	100	250	300	100	280	2фБК-1	3000	8

4. Вопросы к лабораторной работе

Норма площади ЗС на одного укрываемого при двухъярусном размещении.

Каков должен быть внутренний объем помещения на одного укрываемого?

Укажите порядок расчета численности наибольшей работающей смены (НРС) на предприятии.

Перечислите главные защитные характеристики убежищ.

Перечислите основные нормативные эксплуатационно – технические характеристики убежища.

На какой минимальной высоте должны устраиваться верхние нары при двухъярусном размещении укрываемых?

Допустимое время пребывания укрываемых в ЗС.

Каково нормативное время на занятие ЗС укрываемыми после получения сигнала?

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мaстрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мaстрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Лабораторная работа № 3

Оценка ЗС по защитным свойствам

Цель работы: Получение практических навыков для оценке ЗС по защитным свойствам (защита от радиоактивного заражения и защита от избыточного давления во фронте ударной волны ядерного взрыва - ЯВ)

1. Теоретическая часть

Защитные свойства убежища по радиоактивному заражению (коэффициент ослабления $K_{осл}$) зависят от толщины и плотности материала, использованного при строительстве, а также от уровня радиации (мощности дозы ионизирующего излучения) за пределами ЗС, т. е. снаружи $P_{нар}$

Поглощающие свойства материалов характеризуются толщиной слоя половинного ослабления, при прохождении которого мощность дозы $P_{нар}$ уменьшается в 2 раза, т. е. коэффициентом ослабления $K_{осл}$.

$$K_{осл} = 2^{\frac{h}{d}}, \quad (3.1)$$

где h – толщина защитного слоя материала, см;

d – толщина слоя из этого же материала, ослабляющего излучение в 2 раза (толщина слоя половинного ослабления), см.

В случае, когда защитный слой состоит из нескольких материалов (например, бетон и грунт, бревна и грунт и т. п.), суммарный коэффициент ослабления определяют по формуле

$$\sum_{1}^n K_{осл} = K_1 * K_2 * ... * K_n, \quad (3.2)$$

где $K_1, K_2, ..., K_n$ – толщина каждого из n слоев различных материалов.

Защитные свойства убежища по избыточному давлению ΔP_f во фронте ударной волны наземного (Н) и воздушного низкого (В) ядерного взрыва.

Все убежища (в справочниках – защищенные пункты управления) в зависимости от их назначения имеют различные степени защиты по величине ΔP_{Φ} .

Убежища 1-го класса выдерживают нагрузку во фронте ударной волны 5 кгс/см³ (500 кПа), 5-го класса - 0,5 кгс/см³ (50 кПа).

При этом возникают разрушения:

слабые при $\Delta P_{\Phi} = 2 - 3$ кгс/см² (200-300 кПа),

средние – при 300-500 кПа;

сильные – при 500-700 кПа;

полные – более 700 кПа (здания полностью разрушаются при $\Delta P_{\Phi} - 50$ кПа).

3. Задания

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

2. Оценить защитные свойства убежища по радиоактивному заражению (коэффициенту ослабления).

Варианты заданий приведены в таблицах 3.1, 3.2.

Значения «d» и плотности материала «в» даны в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Номера	Наименование материала	в, г/см ³	d, см
1	Древесные материалы (бревна)	0,7	18,5
2	Кирпичная кладка	1,6	8,7
3	Грунт, кирпич	1,6	8,1
4	Бетон	2,3	5,7
5	Броня	7,8	3,5
6	Свинец	11,3	2,0

Результаты расчетов по вариантам свести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

Номера вариантов и значения параметров						$K_{осл}$	$P_{нар} =$ $P_{вн.ср} * K_{осл},$ мкР/ч
Номер варианта	Материал по таблице 9.1	Номер варианта	$h, \text{см}$	Номер варианта	$P_{вн.ср},$ мкР/ч		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	1	20	1	25		
2	4	2	30	2	30		
3	1+2	3	40	3	40		
4	1+3	4	50	4	50		
5	3+4	5	55	5	55		
6	2+3	6	6025	6	60		

Используя данные гр. 8 таблицы 9.2 сделать вывод о возможном уровне радиации снаружи ЗС (убежища) $P_{нар}$ при допустимом значении уровня радиации внутри ЗС $P_{вн.ср}$, заданной толщине h или величине $K_{осл}$.

3. Решить обратную задачу для своего варианта – при заданной радиационной обстановке снаружи ЗС $P_{нар}$, известной допустимой величине $P_{вн.ср}$ определить толщину защитного слоя убежища h . Материал убежища приведен в таблице 9.1.

Результаты расчетов занести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Номера вариантов и значения параметров						$K_{осл} =$ $\frac{P_{нар}}{P_{вн.ср}}$	$2^* = \frac{h}{2d}$	$h,$ см
Номер вариан- та	Мате- риал по таблице 9.1	Номер вариан- та	$P_{нар}, \text{Р/ч}$	Номер вариант а	$P_{нар} =$ $P_{вн.ср} * K_{осл},$ мкР/ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	0,5	1	30			
2	2	2	1,0	2	40			
3	3	3	1,5	3	50			
4	4	4	2,0	4	60			

Справочные данные: время пребывания населения в убежище до 3 сут.; средняя доза облучения населения от естественных и техногенных

источников за год 5 мЗв ($1\text{ЗВ} \approx 100 \text{ р} \approx 100_{\text{рад}}$, $1 \text{ мЗв} \approx 100 \text{ мр}$; облучение при рентгене легких 1 мЗв, рентген зуба 0,02 мЗв, при полете на самолете 0,04 мЗв).

По данным гр.9 таблицы 9.3 сделать вывод о возможности или невозможности создания убежища с полученной величиной h и предложить вариант решения.

4. Определить защитные свойства убежища по избыточному давлению ΔP_{ϕ} во фронте ударной волны наземного (H) и воздушного низкого (B) ядерного взрыва для убежища, которое по важности относится к 3-му или 4-му классам, т.е. способно выдержать $\Delta P_{\phi} = 100 - 200 \text{ кПа}$.

Учитывая наиболее вероятное нанесение по большому городу нескольких ядерных ударов мощностью 200-500 кг, состояние убежища может быть оценено по таблице 9.4.

Таблица 3.4 – Расстояния (км) от центра наземного (H) и эпицентра воздушного (B) ядерных взрывов, при которых возможны разрушения ЗС

Мощность и вид взрыва, кг		ΔP_{ϕ} (кПа)				
		1000	500	250	200	100
		Расстояния, км				
200	H	0,58	0,79	1,05	1,15	1,6
	B	0,4	0,51	0,74	0,86	1,25
300	H	0,67	0,9	1,2	1,35	1,85
	B	0,46	0,58	0,85	0,98	1,45
500	H	0,79	1,05	1,45	1,6	2,2
	B	0,54	0,69	1,0	1,15	1,7

Безвозвратные потери людей при открытом расположении на местности (погибшие до оказания медицинской помощи) имеют место при $\Delta P_{\phi} = 100 \text{ кПа}$ (при $\Delta P_{\phi} = 10, \dots, 40 \text{ кПа}$ поражения легкие).

Результаты оценки состояния убежища по величине ΔP_{ϕ} оформить в виде предварительных выводов.

5. Оценить ЗС по своевременному укрытию персонала.

Исходные данные для оценки:

нормативное время на занятие ЗС укрываемыми около 10 мин;

план убежища;

максимальное удаление персонала от входа в ЗС;

средняя скорость передвижения людей 50 м/мин;

7. Сделать выводы и оформить предложения.

В выводах должны найти отражение результаты сравнения измерений, расчетов, логического анализа, причины несоответствия нормативным данным по параметрам:

площадь и объем помещений на одного укрываемого и общее количество укрываемых;

защитные свойства убежища при изменяемых значениях $K_{осл}$, $P_{вн}$, $P_{нар}$, $\Delta P_{ф}$;

Предложения должны содержать перечень мероприятий:

по размещению укрываемых в помещениях ЗС;

по возможному усилению защитных свойств или ускорению эвакуации (с учетом необходимых организационных мероприятий);

по своевременному укрытию персонала и др.

8. Защита выполненной работы

4. Вопросы к лабораторной работе

1. Какое избыточное давление во фронте ударной волны выдерживают убежища 1-го класса, 5-го класса?

2. От чего зависит коэффициент ослабления?

3. Напишите формулу для определения коэффициента ослабления.

4. Какому числу мР соответствует 1 мЗв?

5. Какому числу кПа соответствует 1 кгс/см², 100 гПа (гектопаскаль)?

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. С. В. Белов. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. – М.: Высшая школа, 2003.

5.2 Дополнительная литература

2. Защита населения и территорий от ЧС/ С.А. Буланенков, С.И. Воронов и др. Под общ. ред. М.И. Фалеева.- Калуга: ГУП «Облиздат», 2001-480 с.

3. Ю. А. Зайцев, В. И. Кубрин, Л. Ф. Унывалова. Безопасность жизнедеятельности. Защита населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени: Учебное пособие. СПб: СПбЛТА, 2004. – 88 с.

4. Г. В. Бектобеков, Ж. А. Василик, Н. Е. Гарнагина, Н. Г. Занько, Г. А. Корсаков, В. И. Кубрин. Безопасность жизнедеятельности: Лабораторный практических работ для студентов всех специальностей. СПб: СПбЛТА, 2004. – 88 с.

Лабораторная работа № 4

Правила эксплуатации защитных сооружений ГО

Цель работы: усвоить правила эксплуатации защитных сооружений ГО.

1. Теоретическая часть

Эксплуатация защитных сооружений осуществляется в соответствии с соответствующими Правилами.

Правила разработаны на основании федеральных законов:

Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. № 195 – ФЗ и 196 – ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, №1 (ч.1), ст. 1 и 2);

«О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1998, №7, ст. 799);

«О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1994, №35, ст. 3648);

Указа президента Российской Федерации от 21 сентября 2002 г. № 1011 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2002, №2, ст. 3585);

Постановления Правительства Российской Федерации «О порядке создания убежищ и иных объектов гражданской обороны» от 29 ноября 1999 года № 1309 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1999, №49, ст. 6000);

Постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о порядке использования объектов и имущества гражданской обороны приватизированными предприятиями, учреждениями и организациями» от 23 апреля 1994 г. №359 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1994, №2, ст. 94).

Требования, установленные Правилами, должны выполняться при эксплуатации в режиме повседневной деятельности, в военное время, при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера защитных сооружений (ЗС) ГО – убежищ и противорадиационных укрытий (ПРУ).

Статус ЗС ГО как объекта ГО определяется наличием паспорта убежища (ПРУ), заверенного организацией, эксплуатирующей сооружение, и органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям с копиями поэтажных планов и экспликаций помещений ЗС ГО, заверенных органами технической инвентаризации.

В организациях, эксплуатирующих ЗС ГО, назначаются ответственные должностные лица, в обязанности которых входят организация их правильного учета, содержания помещений, обеспечение сохранности защитных устройств и внутреннего инженерно – технического оборудования.

Для ремонта и обслуживания помещений и оборудования ЗС ГО ответственные лица разрабатывают необходимую проектно-сметную документацию и организуют выполнение спланированных работ.

Для обслуживания ЗС ГО в мирное время в организациях, эксплуатирующих эти сооружения, создаются звенья по обслуживанию ЗС ГО. Для поддержания ЗС ГО в готовности к использованию по назначению в период пребывания в них укрываемых создаются группы (звенья) по обслуживанию сооружений из расчета одна группа (звено) на каждый объект ГО в зависимости от их вместимости.

Группы (звенья) по обслуживанию ЗС ГО обеспечиваются средствами индивидуальной защиты, радиационной и химической разведки, специальной обработки, связи, медицинским имуществом и инструментом согласно нормам оснащения.

Предусматривается оснащение ЗС ГО организаций аптечками на расчетное количество укрываемых. При наличии в звене (группе) по

обслуживанию ЗО ГО врача дополнительно комплектуется врачебным набором, а при наличии фельдшера – фельдшерским набором.

В период приведения ЗС ГО в готовность комплектование указанных аптек и коллективных наборов осуществляется медицинскими учреждениями (медицинскими пунктами, амбулаториями или поликлиниками), обслуживающими организации, за счет имущества текущего снабжения и приобретения недостающих' предметов и имущества в аптечной сети.

Готовность и использование ЗС ГО по назначению обеспечивают начальники ГО организаций, на учете которых они находятся.

В обязанности НГО организаций входят планирование и организация выполнения мероприятий:

- по обеспечению сохранности и готовности ЗС ГО к приему укрываемых, своевременному техническому обслуживанию, ремонту и замене защитных устройств и внутреннего инженерно-технического оборудования;

- по обеспечению эффективного использования помещений ЗС ГО для нужд организаций и обслуживания населения в соответствии с требованиями нормативных технических документов;

- по подготовке личного состава групп (звеньев) по обслуживанию ЗС ГО, обучению рабочих и служащих правилам пользования ЗС ГО в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени;

- по осуществлению систематического контроля за содержанием, эксплуатацией и готовностью ЗС ГО к использованию по прямому назначению;

- по обеспечению беспрепятственного доступа в ЗС ГО и исполнения обязанностей по контролю за их состоянием уполномоченными должностными лицами органов управления ГОЧС.

Порядок учета защитных сооружений

Учет ЗС ГО ведется в федеральных органах исполнительной власти, региональных центрах по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, органах исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органах управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации и органах местного самоуправления, а также в организациях, имеющих на балансе ЗС ГО, в журнале учета ЗС ГО.

Документальным основанием для ведения учета ЗС ГО является **паспорт сооружения**, в котором указываются его основные технические характеристики и перечень оборудования систем жизнеобеспечения. Обязательными приложениями к паспорту ЗС ГО являются копии поэтажных планов и экспликаций помещений объекта ГО, согласованные и заверенные органами технической инвентаризации, организацией – балансодержателем ЗС ГО и органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям.

Паспорт ЗС ГО оформляется после ввода защитного сооружения в эксплуатацию или по итогам инвентаризации ЗС ГО.

Сведения о наличии ЗС ГО представляются в Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в соответствии с устанавливаемым порядком.

Инвентарные номера убежищам и противорадиационным укрытиям присваиваются органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям в соответствии с нумерацией ЗС ГО, устанавливаемой на территории субъекта Российской Федерации.

Для присвоения инвентарных номеров организации представляют в органы управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям субъектов Российской Федерации данные о месте расположения ЗС ГО и копии паспортов сооружений.

Требования к эксплуатации защитных сооружений

Использование защитных сооружений для нужд организаций и обслуживания населения

При режиме повседневной деятельности ЗС ГО должны использоваться для нужд организаций, а также для обслуживания населения по решению руководителей (НГО) объектов экономики или органов местного самоуправления по согласованию (заключению) с органами управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям.

Встроенные и отдельно стоящие ЗС ГО допускается использовать при выполнении обязательных требований действующих нормативных документов к помещениям данного функционального назначения под:

санитарно-бытовые помещения;

помещения культурного обслуживания и помещения для учебных занятий;

производственные помещения, отнесенные по пожарной опасности к категориям Г и Д, в которых осуществляются технологические процессы, не сопровождающиеся выделением вредных жидкостей, паров и газов, опасных для людей, и не требующие естественного освещения;

технологические, транспортные и пешеходные тоннели;

помещения дежурных электриков, связистов, ремонтных бригад; гаражи для легковых автомобилей, подземные стоянки автокаров и автомобилей;

складские помещения для хранения несгораемых, а также сгораемых материалов при наличии автоматической системы пожаротушения;

помещения торговли и питания (магазины, залы столовых, буфеты, кафе, закусочные и др.;

спортивные помещения (стрелковые тиры и залы для спортивных занятий);

помещения бытового обслуживания населения (ателье, мастерские, приемные пункты и др.);

вспомогательные (подсобные) помещения лечебных учреждений.

При использовании, ЗС ГО под складские помещения, стоянки автомобилей, мастерские допускается загрузка помещений из расчета обеспечения приема 50% укрываемых от расчетной вместимости сооружения (без освобождения от хранимого имущества).

Размещение и складирование имущества осуществляются с учетом обеспечения постоянного свободного доступа в технические помещения и к инженерно-техническому оборудованию ЗС ГО для его осмотра, обслуживания и ремонта.

Требования к содержанию и эксплуатации защитных сооружений в режиме повседневной деятельности

При эксплуатации ЗС ГО в режиме повседневной деятельности должны выполняться требования по обеспечению постоянной готовности помещений к переводу их в установленные сроки на режим защитных сооружений и необходимые условия для безопасного пребывания укрываемых в ЗС ГО как в военное время, так и в условиях чрезвычайных ситуаций мирного времени.

При этом должна быть обеспечена сохранность: защитных свойств как сооружения в целом, так и отдельных его элементов; входов, аварийных выходов, защитно-герметических и герметических дверей и ставней, противовзрывных устройств; герметизации и гидроизоляции всего сооружения, инженерно-технического оборудования и возможности перевода его в любое время на эксплуатацию в режиме чрезвычайной ситуации.

При эксплуатации ЗС ГО в мирное время запрещаются:

перепланировка помещений;

устройство отверстий или проемов в ограждающих конструкциях;

нарушение герметизации и гидроизоляции;

демонтаж оборудования;

применение сгораемых синтетических материалов при отделке помещений.

При наличии проектного обоснования и согласования (заключения) органа управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям допускается устройство временных легкосъёмных перегородок из негорючих и нетоксичных материалов с учетом возможности их демонтажа в период приведения ЗС ГО в готовность к приему укрываемых.

Содержание входов в защитные сооружения, защитных устройств и помещений для укрываемых.

Пути движения, входы в ЗС ГО и аварийные выходы должны быть свободными, не допускается их загромождение.

Застройка участков вблизи входов, аварийных выходов и наружных воздухозаборных и вытяжных устройств ЗС ГО без согласования с органами управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям не допускается.

Во входах, используемых в мирное время, защитно-герметические и герметические ворота и двери должны находиться в открытом положении на подставках и прикрываться съёмными легкими экранами или щитами.

На период использования помещений ЗС ГО в интересах производства и обслуживания населения для закрытия дверных проемов устанавливаются обычные двери. При этом дверная коробка или вставляется в дверной проем или прикладывается к нему.

Входы и аварийные выходы должны быть защищены от атмосферных осадков и поверхностных вод.

Помещения ЗС ГО должны быть сухими. Температура в этих помещениях в зимнее и летнее время должна поддерживаться в соответствии с требованиями проекта.

Оштукатуривание потолков и стен помещений не допускается.

Внутренняя отделка помещений защитных сооружений производится из негорючих или трудногорючих материалов, а стены, потолки, перегородки окрашиваются преимущественно в светлые тона.

Поверхности стен помещений убежищ лечебных учреждений затираются цементным раствором и окрашиваются масляной краской светлых тонов с матовой поверхностью.

Облицовка стен керамической плиткой не допускается.

В операционно-перевязочных помещениях полы покрываются допущенными к применению синтетическими материалами светлых тонов.

Стены и потолки в помещениях фильтровентиляционных камер окрашиваются гюливинилацетатными красками.

Металлические двери и ставни окрашиваются синтетическими красками [глифталевыми, элکیدно-стирольными и др.). Не допускается окрашивать резиновые детали уплотнения, резиновые амортизаторы, хлопчатобумажные, прорезиненные и резиновые гибкие вставки, металлические рукава, таблички с наименованием завода-изготовителя и техническими данными инженерно-технического оборудования.

Содержание инженерно-технического оборудования

Инженерно-техническое оборудование ЗС ГО должно содержаться в исправном состоянии и готовности к использованию по назначению.

Содержание, эксплуатация, текущий и плановый ремонты инженерно-технического оборудования осуществляются в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей, уточненными с учетом особенностей эксплуатации ЗС ГО.

Эксплуатация систем воздухообеспечения в мирное время допускается только по режиму чистой вентиляции.

Не допускается эксплуатация в мирное время:

вентиляционных систем защищенной ДЭС;

фильтров-поглотителей (ФП);

предфильтров;

фильтров для очистки воздуха от окиси углерода (ФГ-70);

средств регенерации воздуха;

гравийных воздухоохладителей

При эксплуатации систем вентиляции периодически очищаются от грязи и снега воздухозаборные и вытяжные каналы и противовзрывные устройства. Периодически смазывается и окрашивается оборудование.

Малогабаритные защитные секции и унифицированные защитные секции, устанавливаемые на вытяжных системах, должны быть размещены в соответствии с проектом в местах, где температура воздуха выше 0°C, для защиты устройств от обмерзания.

Масляные противопыльные фильтры в случае неиспользования их при повседневной деятельности рекомендуется демонтировать и хранить в фильтровентиляционном помещении в масляной ванне или пропитать маслом и обернуть полиэтиленовой пленкой.

Герметические клапаны, установленные до и после фильтров-поглотителей, устройств регенерации и фильтров для очистки воздуха от окиси углерода, должны быть закрыты и опечатаны, за исключением периода работы системы фильтровентиляции при проверках.

При использовании систем чистой вентиляции в мирное время допускается увеличение сопротивления противопыльных фильтров не более чем в два раза (запыление 50%).

Сопротивление фильтра определяется по разности статических давлений до и после фильтра. Загрязненные ячейки фильтра очищаются от пыли с помощью стальной щетки и промываются в горячем 10%-ном содовом растворе. После промывки в горячей воде и просушки ячейки фильтра пропитываются индустриальным маслом № 12 или веретенным маслом №2, либо №3.

Помещения защитных сооружений, в которых при режиме повседневной деятельности не предусматривается постоянная работа вентиляционных систем, следует периодически проветривать наружным воздухом. При проветривании необходимо учитывать состояние наружного воздуха в зависимости от времени года и характера погоды: нельзя проветривать помещения влажным воздухом, т.е. во время дождя или сразу

после него, а также в сырую туманную погоду Нормальной в защитном сооружении считается относительная влажность воздуха не выше 65 – 70% Проветривание производится периодически. Периодичность проветривания определяется службой эксплуатации с учетом местных условий.

В неиспользуемых помещениях в зимнее время температура воздуха должна быть не ниже + 10°C.

В напорных емкостях аварийного запаса питьевой воды должен обеспечиваться проток воды с полным обменом ее в течение 2 суток.

Аварийные безнапорные емкости для питьевой воды должны содержаться в чистоте и заполняться водой при переводе на режим убежища (укрытия) после освидетельствования их представителями медицинской службы.

Водозаборные скважины, устраиваемые в качестве источника водоснабжения, следует периодически (не реже одного раза в месяц) включать на 2 – 3 часа для откачки воды.

Аварийные резервуары для сбора фекалий должны быть закрыты, пользоваться ими при режиме повседневной деятельности запрещается. Задвижки на выпусках из резервуаров должны быть закрыты.

Санузлы, не используемые в хозяйственных целях, должны быть закрыты и опечатаны. Допускается использование их во время учений, но при этом следует производить периодический осмотр и ремонт.

Помещения санузлов могут быть использованы под кладовые, склады и другие подсобные помещения. В этом случае санузел отключается от системы канализации, а смонтированное оборудование (унитазы и смывные бачки) консервируются без его демонтажа.

Расконсервация санузлов должна выполняться в установленные сроки при переводе ЗС ГО на режим убежища (укрытия).

ДЭС после испытаний подлежат консервации. Расконсервация их производится в период перевода защитного сооружения на режим убежища и в период учений.

После расконсервации не реже одного раза в неделю запускается дизель-агрегат и испытывается под нагрузкой 30 мин. Результаты испытаний заносятся в журнал учета работы ДЭС.

Эксплуатация технических систем защитных сооружений при режиме ЧС и в военное время

Эксплуатация технических систем ЗС ГО производится в соответствии с требованиями технических описаний, инструкций по эксплуатации, а также эксплуатационными схемами, разработанными для каждой технической системы и утвержденными начальником гражданской обороны объекта.

Снабжение убежищ воздухом осуществляется фильтровентиляционной системой по режиму чистой вентиляции (режим I), фильтровентиляции (режим II) и режиму полной или частичной изоляции убежища (режим III).

Снабжение ПРУ воздухом осуществляется за счет естественной вентиляции и вентиляции с механическим побуждением.

С_началом заполнения ЗС ГО укрываемыми и до воздействия средств поражения ЗС ГО снабжаются воздухом по режиму I (чистой вентиляции). При этом режиме должны быть:

включены в работу вентиляционные агрегаты системы чистой вентиляции;

открыты герметические клапаны и другие герметические устройства, установленные на воздуховодах системы чистой вентиляции;

закрыты герметические клапаны, установленные до и после фильтров-поглотителей и фильтров очистки воздуха от окиси углерода;

отключены установки регенерации воздуха (в убежищах с тремя режимами вентиляции).

После воздействия поражающих факторов закрываются отверстия, сообщающиеся с внешней средой, на срок до одного часа. После выяснения обстановки вне ЗС ГО устанавливается соответствующий режим вентиляции.

При химическом и бактериологическом заражении убежища переводятся на режим II (фильтровентиляции), при этом:

зарываются герметические клапаны на воздуховодах систем чистой вентиляции;

открываются герметические клапаны, установленные до и после фильтров-поглотителей;

включаются приточные вентиляторы режима II.

На режим III (полной или частичной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха) убежища переводятся при возникновении опасной загазованности воздуха продуктами горения в местах массовых пожаров, при образовании в районе убежища опасных концентраций АХОВ, при катастрофическом затоплении и при сильных разрушениях вокруг атомных станций.

В зонах пожаров подпор воздуха в убежищах поддерживается за счет наружного воздуха, подаваемого через теплоемкие Фильтры ФГ-70, при этом в убежищах перекрываются все герметические клапаны на приточных и вытяжных системах за исключением клапанов, обеспечивающих подачу воздуха через фильтры ФГ-70, и включаются установки регенерации воздуха для поглощения углекислого газа (CO_2) и выделения кислорода (O_2). Вентиляторы режима I обеспечивают рециркуляцию воздуха в помещениях.

При полной изоляции убежища подпор осуществляется за счет сжатого воздуха из баллонов, дозирование которого производится с помощью редуктора. При этом количество одновременно включаемых в работу баллонов сжатого воздуха и требуемый часовой расход воздуха из баллонов зависят от установленных проектом величин избыточного давления (подпора) воздуха и площади внутренней поверхности, ограждающей по контуру герметизации убежища (суммарная площадь стен, перекрытия и пола).

Для оценки состояния воздушной среды в ЗС ГО необходимо руководствоваться следующим:

температура воздуха от 0 до +30°C, концентрация двуокиси углерода-до 3%, кислорода-до 17%, окиси углерода до 30 мг/м³ являются допустимыми и не требуют проведения дополнительных мероприятий;

температура воздуха +31 - 33°C. концентрация двуокиси углерода - 4%, кислорода – 16%, окиси углерода – 50-70 мг/м³ требуют ограничения физических нагрузок укрываемых и усиления медицинского наблюдения за их состоянием.

Параметры основных факторов воздушной среды, опасные для дальнейшего пребывания людей в ЗС ГО:

температура воздуха – +34°C и выше;

концентрация двуокиси углерода - 5% и более;

содержание кислорода в воздухе - 14% и менее;

содержание окиси углерода -100 мг/м³ и более.

При достижении такого уровня одного или нескольких факторов требуется принять все возможные меры по улучшению воздушной среды или решать вопрос о выводе людей из сооружения.

Особенности эксплуатации регенеративных установок

Помещение, где расположены регенеративные установки должно быть закрыто и опечатано лицом, ответственным за эксплуатацию установок.

Во избежание возникновения пожара и взрыва в помещении, где расположены регенеративные установки, не допускается:

хранение щелочей, кислот, масел и легковоспламеняющихся веществ;

попадание органических веществ и влаги в патроны и воздухопроводы установок;

затопление помещений водой.

Помещение со смонтированными регенеративными установками оснащается средствами пожаротушения: ящиками с песком, покрывалами из асбестового материала, огнетушителями.

Обслуживание регенеративных установок необходимо проводить в чистых и сухих брезентовых рукавицах.

При замене регенеративных патронов и проведении регламентных работ на установках используется инструмент, поставляемый в комплекте с установками. Предварительно инструмент должен быть обезжирен и высушен.

Установка заглушек на отработанные демонтированные регенеративные патроны разрешается только после их остывания.

Отработанные регенеративные патроны уничтожаются в соответствии с требованиями, изложенными в техническом описании регенеративной установки.

Персонал, обслуживающий регенеративные установки, проходит соответствующее обучение и допускается к эксплуатации в установленном порядке.

Особенности содержания и эксплуатации защитных сооружений на потенциально опасных объектах и территориях

ЗС ГО на потенциально опасных объектах и территориях при необходимости должны обеспечивать защиту людей от поражающих факторов при ЧС природного и техногенного характера, катастрофического затопления, аварийно химически и биологически опасных веществ, радиоактивных продуктов и ионизирующих излучений этих продуктов, высоких температур и продуктов, горения при пожарах, от обрушения зданий и сооружений при взрывах и землетрясениях.

Мероприятия по поддержанию ЗС ГО в готовности к приему укрываемых зависят от складывающейся радиационной, химической, биологической (бактериологической), пожарной и гидрометеорологической обстановки и определяются соответствующим режимом функционирования подсистем РСЧС.

ЗС ГО на АЗС и химически опасных объектах должны быть готовы к немедленному приему укрываемых.

При режиме повседневной деятельности выполняется комплекс требований, обеспечивающих сохранность и техническую готовность конструкций и оборудования ЗС ГО.

Важнейшими из этих требований являются:

исправность несущих ограждающих конструкций и защитных устройств, воспринимающих нагрузки от избыточного давления;

надежная герметичность сооружения и исправное состояние фильтровентиляционной системы, обеспечивающих нормативную длительность пребывания укрываемых в зараженной зоне, в зоне пожара, а также, при соответствующем оборудовании, в зоне катастрофического затопления;

исправность санитарно – технического и другого оборудования и готовность его к работе, наличие нормативных аварийных запасов воды, горючих и смазочных материалов, а также имущества, необходимого для жизнеобеспечения укрываемых;

подготовленность обслуживающего персонала (групп и звеньев по обслуживанию ЗС ГО).

С введением различных режимов готовности и при получении прогноза о возможности возникновения ЧС ЗС ГО приводятся в готовность для приема укрываемых и для решения задач первичного жизнеобеспечения в ходе ликвидации ЧС: организации в -ЗС ГО пунктов питания, отдыха, обогрева, сбора пострадавших, оказания им медицинской помощи, использования мощностей защищенных ДЭС для обеспечения электроэнергией, освещения участков спасательных работ в случае выхода из строя сетей и источников электропитания и др.

С введением режима ЧС (при их угрозе и возникновении) в случае необходимости организуется укрытие людей в ЗС ГО.

При этом системы жизнеобеспечения должны обеспечивать непрерывное пребывание в них укрываемых в течение 48 часов, а на АЭС – до 5 суток.

Воздухоснабжение, как правило, должно осуществляться по двум режимам: чистой вентиляции и фильтровентиляции.

В убежищах, расположенных в зонах возможных опасных концентраций АХОВ, возможных массовых пожаров, возможных сильных разрушений атомных станций и возможного катастрофического затопления, должен обеспечиваться режим полной или частичной изоляции с регенерацией внутреннего воздуха.

В ЗС ГО, расположенных в зонах возможного опасного радиоактивного загрязнения, дополнительно должна быть обеспечена защита от проникновения радиоактивных продуктов внутрь сооружения.

В убежищах, размещенных в зонах возможного катастрофического затопления, должны быть предусмотрены устройства, обеспечивающие контроль наличия воды над сооружением, а при возможном длительном затоплении в качестве аварийного выхода - специальные спасательно-эвакуационные средства типа комплекта "Выход".

Противопожарные требования

При эксплуатации ЗС ГО в части соблюдения противопожарных требований надлежит руководствоваться правилами пожарной безопасности в Российской Федерации в зависимости от назначения помещений ЗС ГО в мирное время.

Помещения защищенных ДЭС (в мирное время не эксплуатируются) укомплектовываются ручными пенными или углекислотными огнетушителями, асбестовыми покрывалами и ящиками с песком.

Запрещается применение горючих строительных материалов для внутренней отделки помещений.

При использовании ЗС ГО под гардеробные помещения, размещенных в подвалах, хранение одежды должно производиться на металлических вешалках или в металлических шкафчиках.

При приспособлении помещений убежища для размещения производственных и складских помещений категорий В1-В3, стоянок автомобилей должны предусматриваться устройство автоматических установок пожаротушения и использование вытяжной вентиляции для дымоудаления.

При переводе склада на режим убежища все хранимые в нем сгораемые материалы удаляются. При отсутствии сгораемых материалов автоматические системы пожаротушения консервируются.

Документация защитного сооружения

В ЗС ГО должна быть следующая документация:

Паспорт убежища (ПРУ) с обязательным приложением заверенных копий поэтажного плана и экспликации помещений.

Журнал проверки состояния убежища (ПРУ).

Сигналы оповещения гражданской обороны.

План перевода ЗС ГО на режим убежища (ПРУ).

План ЗС ГО с указанием всех помещений и находящегося в них оборудования и путей эвакуации.

Планы внешних и внутренних инженерных сетей с указанием отключающих устройств.

Список личного состава группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО.

Эксплуатационная схема систем вентиляции ЗС ГО.

Эксплуатационная схема водоснабжения и канализации ЗС ГО.

Эксплуатационная схема электроснабжения ЗС ГО.

Инструкция по технике безопасности при обслуживании оборудования.

Инструкции по использованию средств индивидуальной защиты.

Инструкции по эксплуатации фильтровентиляционного и другого инженерного оборудования, правила пользования приборами.

Инструкция по обслуживанию ДЭС.

Инструкция по противопожарной безопасности.

Правила поведения укрываемых в ЗС ГО.

Журнал регистрации показателей микроклимата и газового состава воздуха в убежище (ПРУ).

Журнал учета обращений укрываемых за медицинской помощью.

Журнал учета работы ДЭС.

Журнал регистрации демонтажа, ремонта и замены оборудования.

Схема эвакуации укрываемых из очага поражения.

Список телефонов.

Оборудование ЗС ГО

Убежища и другие защитные сооружения ГО, имеющие автономное электропитание, обычно оснащаются фильтровентиляционными установками. В качестве фильтрующих элементов в этих установках используются фильтры-поглотители ФП-300(200); ФП-300-1. ФПУ-200.

Они предназначены для очистки атмосферного воздуха, подаваемого в убежища, от отравляющих веществ, радиоактивной пыли, бактериальных аэрозолей, ядовитых и нейтральных дымов.

ФП-300-1 предусматривает, кроме того, и защиту от радионуклидов йода и его органических соединений.

Фильтр-поглотитель представляет собой металлический кожух цилиндрической формы с крышкой и дном. Он имеет одно боковое и два торцевых отверстия, которые закрываются заглушками с прокладками. Внутри барабана между торцевыми отверстиями, находится перфорированный стакан, вокруг которого размещен противоаэрозольный фильтр. А между двумя цилиндрическими сетками - поглотитель (активный уголь).

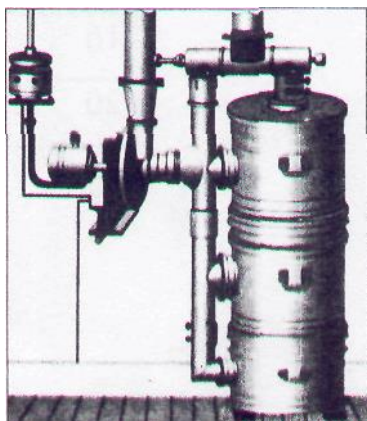
Монтируя установки из двух или трех фильтров-поглотителей, следует соблюдать условие разница по сопротивлению между ними должна быть не более 10 мм вод. ст.

ФПУ-200 в городском исполнении рассчитан на расход воздуха 100 м³/ч и обеспечивает при этом сопротивление не более 529 Па (55 мм вод. ст.). ФП-300 – соответственно 300 м³/ч и не более 855 Па (85 мм вод. ст.). Их можно

эксплуатировать при температуре воздуха от -50 до +50°C и его относительной влажности до 95%, не допуская попадания в них капельной жидкой влаги.

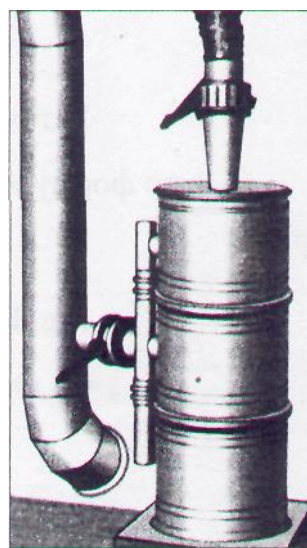
ФПУ-200. Обычно монтируют в колонку по три, рассчитывают на расход воздуха 100, 200 и 300 м³/ч. Масса одного фильтра -30 кг, диаметр - 455 мм, высота – 367. ФП-300 имеет диаметр 580 мм, высоту – 610 мм, диаметр отверстия для входа и выхода воздуха – 150 мм.

При хранении фильтров-поглотителей на складах отверстия для воздуха должны быть закрыты заглушками. В смонтированных установках фильтров-поглотителей вход и выход воздуха закрываются герметическими клапанами или заглушками с резиновыми прокладками. ФПУ-200 и ФП-300 имеют гарантийный срок хранения 10 лет, смонтированные в убежище 8 лет.



Фильтровентиляционный агрегат

Общий вид регенеративных патронов



Приведение защитных сооружений в готовность к приему укрываемых
 Мероприятия по подготовке защитных сооружений к приему укрываемых

Мероприятия по подготовке ЗС ГО к приему укрываемых включают:

подготовку проходов к ЗС ГО, установку указателей и световых сигналов "Вход";

открытие всех входов для приема укрываемых;

освобождение помещений от лишнего имущества и материалов;

установку в помещениях нар, мебели, приборов и другого необходимого оборудования и имущества (при этом необходимо сохранять максимальную вместимость ЗС ГО) согласно рекомендуемому перечню, приведенному в приложении №18;

проведение расконсервации инженерно-технического оборудования;

снятие обычных дверей, пандусов и легких экранов с защитно-герметических и герметических дверей;

проверку исправности защитно-герметических и герметических дверей, ставней и их затворов;

закрытие всех защитно-герметических устройств в технологических проемах (грузовые люки и проемы, шахты лифтов и т. п.);

закрытие и герметизацию воздухозаборных и вытяжных отверстий и воздухопроводов системы вентиляции мирного времени, не используемых для вентиляции убежищ (укрытий);

проверку состояния и освобождения аварийного выхода, закрытие защитно-герметических ворот, дверей и ставней;

проверку работоспособности систем вентиляции, отопления, водоснабжения, канализации, энергоснабжения и отключающих устройств;

расконсервацию оборудования защищенных ДЭС и артезианских скважин;

заполнение при необходимости емкостей горючих и смазочных материалов;

проверку убежища на герметичность;

открытие санузлов, не используемых в мирное время. Санузлы, используемые в мирное время как подсобные помещения, освобождаются и подключаются к системе канализации и водоснабжения;

проверку наличия аварийных запасов воды для питьевых и технических нужд, подключение сетей убежища к внешнему водопроводу и пополнение аварийных запасов воды, расстановку бачков для питьевой воды;

переключение системы освещения помещений на режим убежища (укрытия);

установку и подключение репродукторов (громкоговорителей) и телефонов;

проверку и доукомплектование, в случае необходимости, инструментом, инвентарем, приборами, средствами индивидуальной защиты;

проветривание помещений ЗС ГО, добиваясь в необходимых случаях снижения уровня СО: и других вредных газов, выделявшихся в помещениях при использовании их в мирное время, до безопасных концентраций – СО₂; (до 0,5%) и других газов – согласно санитарным нормам проектирования промышленных предприятий.

На видных местах в сооружениях вывешиваются сигналы оповещения гражданской обороны, правила пользования средствами индивидуальной защиты, указатели дизельных и фильтровентиляционных помещений, мест размещения санитарных узлов, пунктов раздачи воды, санитарных постов, медицинских пунктов, входов и выходов.

Время на проведение указанных выше мероприятий устанавливается руководителем объекта для каждого ЗС ГО в отдельности, однако оно не должно превышать времени, отведенного проектом.

Мероприятия по приведению ЗС ГО в готовность, сроки их выполнения, требуемые силы и средства, ответственные исполнители отражаются в плане приведения ЗС ГО в готовность к приему укрываемых. План утверждается руководителем организации и подлежит ежегодной корректировке, а также проверке реальности его выполнения.

Обозначение защитных сооружений и маршрутов движения укрываемых к ним

Обозначению подлежат все убежища и ПРУ.

Обозначение осуществляется путем нанесения установленного знака на видном месте при всех входах в убежище (ПРУ).

Знак обозначения представляет собой прямоугольник размером не менее 50х60 см, внутри которого указывается:

инвентарный номер сооружения;

принадлежность сооружения (наименование организации, цеха, органа управления жилищным хозяйством, адрес и т.д.);

места хранения ключей (телефоны, адреса, должности и фамилии ответственных лиц).

Поле знака должно быть белого цвета, надписи - черного. Высота букв 3-5 см, ширина - 0,5- 1,0 см.

На всех защитных и защитно-герметических воротах, дверях и ставнях убежищ указывается порядковый номер, который наносится белой краской с наружной и внутренней стороны: "Дверь № 1", "Ставень № 2" и т.д. Маркировке подлежит и все внутреннее оборудование защитного сооружения.

Маршруты движения к защитным сооружениям выбираются из условия минимально возможного времени подхода к ним от места работы или места жительства укрываемых.

Маршруты обозначаются указателями в местах, где обеспечивается хорошая видимость в дневное и ночное время (в ночное время указатели подсвечиваются с учетом требований по светомаскировке).

Указатели устанавливаются при каждом изменении направления маршрута движения. Размеры указателя по длине - 50 см и ширине - 15 см. На поле белого цвета наносится надпись черного цвета "Убежище" или "Укрытие" и расстояние в метрах до входа в ЗС ГО

Для быстрого нанесения стандартных знаков и указателей заблаговременно в организациях (органах управления жилищным хозяйством) должны быть подготовлены:

расчеты количества знаков и указателей с определением мест их установки;

трафареты знаков и указателей;

расчеты потребности в материалах для нанесения знаков и указателей {краска, кровельное железо, фанера и др.);

назначены ответственные исполнители за обозначение ЗС ГО и маршрутов движения к ним.

На территории организаций работы по обозначению ЗС ГО и маршрутов движения к ним выполняются заблаговременно, в жилой зоне - в ходе приведения ЗС ГО в готовность к приему укрываемых.

На каждое ЗС ГО должно быть не менее двух комплектов ключей. Один комплект хранится у коменданта ЗС ГО, другой - в местах, обеспечивающих круглосуточный и быстрый доступ к ним.

В организациях второй комплект ключей должен храниться у ответственных дежурных, начальников смен, на проходных с круглосуточным дежурством и т.п.; в жилом секторе – у дежурного диспетчерской службы территориального органа управления жилищным хозяйством и у арендаторов ЗС ГО.

Порядок заполнения защитных сооружений укрываемыми

Заполнение ЗС ГО осуществляется по сигналам гражданской обороны.

В противорадиационных укрытиях при опасной концентрации АХОВ и отравляющих веществ укрываемые должны находиться в средствах индивидуальной защиты.

Укрываемые прибывают в ЗС ГО со средствами индивидуальной защиты. Личный состав формирований по обслуживанию ЗС ГО должен иметь при себе положенные по табелю средства радиационной и химической разведки, связи, медицинское и другое необходимое имущество.

Населению, укрываемому в ЗС ГО по месту жительства, рекомендуется иметь при себе необходимый запас продуктов питания (на 2 суток).

Закрывание защитно-герметических и герметических дверей убежищ и наружных дверей противорадиационных укрытий производится по команде начальника гражданской обороны объекта или, не дожидаясь команды, после заполнения сооружений до установленной вместимости по решению командира группы (звена) по обслуживанию сооружения.

При наличии в убежищах тамбур – шлюзов заполнение сооружений может продолжаться способом шлюзования и после их закрытия.

Шлюзование состоит в том, что пропуск укрываемых в убежище осуществляется при условии, когда наружная и внутренняя защитно-герметические двери тамбур – шлюзов открываются и закрываются поочередно. Открывание и закрывание дверей в тамбур – шлюзах производится контролерами группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО. Между контролерами у наружной и внутренней дверей предусматривается сигнализация.

При шлюзовании закрывается внутренняя дверь тамбур – шлюза, открывается наружная дверь и производится заполнение тамбур – шлюза укрываемыми. После этого контролер у наружной двери закрывает ее и подает сигнал на открытие внутренней двери: контролер у внутренней двери открывает ее, впускает укрываемых из тамбур – шлюза в убежище, закрывает дверь и подает сигнал на открытие наружной двери. Затем цикл шлюзования повторяется.

Работа двухкамерного шлюза организуется так, чтобы за время пропуска укрываемых из первой камеры в убежище происходило заполнение второй камеры.

Выход и вход в убежище для ведения разведки осуществляется через вход с вентилируемым тамбуром. Выходящие из убежища должны находиться в противогазах и в защитной одежде.

При возвращении разведчиков в убежище (противорадиационное укрытие) с зараженной местности в вентилируемых тамбурах производится частичная дезактивация одежды, обуви протиранием, обмыванием, сухой

дегазацией с помощью индивидуального противохимического пакета. Верхняя защитная одежда оставляется в тамбуре.

Размещение укрываемых в защитных сооружениях

Санитарно – технические требования к содержанию помещений

Укрываемые в ЗС ГО размещаются группами по производственному или территориальному признаку (цех, участок, бригада, дом). Места размещения групп обозначаются табличками (указателями). В каждой группе назначается старший. Укрываемые с детьми (до 10 лет) располагаются в отдельных помещениях или в специально отведенных для них местах.

Укрываемые размещаются на нарах. При оборудовании ЗС ГО двухъярусными или трехъярусными нарами устанавливается очередность пользования местами для лежания. В условиях переполнения ЗС ГО укрываемые могут размещаться также в тамбурах и тамбур – шлюзах.

В ЗС ГО после их заполнения укрываемыми подлежат контролю три группы параметров:

газовый состав воздуха;

микроклимат;

инженерно – техническое оборудование.

Значения этих параметров приведены в таблице 11.1.

Таблица 11.1 – Перечень параметров, контролируемых в ЗС ГО

Наименование параметров	Значение параметров	Средства измерения	Примечание
1	2	3	4
Параметры газового состояния воздуха			
Содержание в воздухе: кислорода	не менее 16,5%	МН-5130, КГС-К, ПГА-КМ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
двуокси азота	не более 4,0%	КГС-ОУ, ГС-СОМ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
окси углерода	не более 100 мг/м ³	ТП2221, КГС-ДУ, КПП-ДУ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
метана	не более 300 мг/м ³	КАМ-IV-3, ОА-2309М	реком. значение параметра
пыли	не более 10 мг/м ³	Лаза -1	ПДЗ параметра

Параметры микроклимата			
температура воздуха	не более 32°C	ТМ-4, ТМ-8, СП-8, М-34, МВ-4М	ПДЗ параметра
относительная влажность воздуха	не менее 30%, не более 90%	М-19, СКВ, М-34, МВ-4М	ПДЗ параметра
скорость движения воздуха	не более 4 м/с (Не более 8 м/с)	МС-13, АСО-3	реком. значение параметра (в скобках для системы вентиляции)
Параметры инженерно – технического оборудования			
избыточное давление	не менее 20 Па	ТНЖ-Н, ТНМП-52, НМП-52	

Окончание таблицы 11.1

1	2	3	4
сопротивление фильтра	не более 1000 Па	ТНМП-100, НМП-100, ДНМП-100	

Примечания: 1. Рекомендуемые средства измерения являются взаимозаменяемыми для каждого измеряемого параметра.

2. В ЗС ГО допускается применение средств измерений других типов и марок, удовлетворяющих требованиям гражданской обороны по диапазону, точности и достоверности

Места замеров в ЗС ГО выбираются с учетом особенностей планировочных решений помещений и таким образом, чтобы исключить влияние на результаты замеров локальных изменений этих параметров.

Места замеров (контроля) и количество точек измерения в зависимости от геометрии и площади ЗС ГО приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Места измерений газового состава и микроклимата

Тип сооружения и помещения	Количество точек измерения	Место измерения	
		Расстояние от стен и ограждающих конструкций, м	Расстояние (высота) от пола, м
Убежище площадью не более 500 м	1,..., 3	1,0,..., 1,5	0,3,..., 0,8
более 500 м	5	1,5,..., 2,0	0,5,..., 1,0
Убежища, помещения, расположенные в тоннелях	3(через 100 м)	1,0,..., 2,0	0,3,..., 1,0
Убежища, помещения, расположенные в штреках горных выработок	3(через 100 м)	1,0,..., 2,0	0,3,..., 1,0
Помещения станций метрополитенов	3	1,0,..., 2,0	0,3,..., 1,0

Примечание. Места измерения избыточного давления и сопротивления фильтров определяются проектами и технической документацией на ЗС ГО

Проведение измерения контролируемого параметра осуществляется согласно инструкции по эксплуатации используемого прибора.

Результаты замеров вносятся в журнал регистрации показателей микроклимата и газового состава воздуха в убежище (противорадиационном укрытии) с указанием даты, места и времени замера, метода или прибора, которым производится замер величин контролируемого параметра и подпись лица, производящего замер.

При отсутствии приборов определение и прогнозирование обитаемости в зависимости от величин параметров воздушной среды в ЗС ГО. Данные таблиц правомерны для помещений защитных сооружений при их высоте 2,2 м, В сооружениях с большей высотой помещений допустимая длительность пребывания будет увеличиваться.

В помещениях для укрываемых ежедневно производится двухразовая уборка силами укрываемых по распоряжению старших групп.

Обслуживание оборудования и уборка технических помещений осуществляется личным составом группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО.

Особое внимание обращается на обработку санитарных узлов, контейнеров с бытовым мусором и пищевыми отходами дезинфицирующим раствором и соблюдение укрываемыми правил личной гигиены.

Специальная обработка производится в соответствии с установленными требованиями.

Оповещение укрываемых об обстановке вне ЗС ГО и о поступающих сигналах и командах осуществляется командиром группы (звена) по обслуживанию защитного сооружения или непосредственно органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям (района, города).

Обязанности личного состава группы по обслуживанию защитного сооружения

Группы и звенья по обслуживанию ЗС ГО создаются для каждой работающей смены из работников организаций, укрываемых в данных ЗС ГО.

Командирами групп (звеньев) назначаются лица из числа руководящего состава организаций, цехов, участков, смен.

Обязанности командира группы (звена) по обслуживанию защитного сооружения

Командир группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО подчиняется начальнику ГО объекта. Он отвечает за организацию заполнения защитного сооружения, правильную эксплуатацию сооружения при нахождении в нем укрываемых.

Командир группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО обязан:

знать правила эксплуатации сооружения и всего установленного в нем оборудования;

знать планировку сооружения, расположение аварийного выхода, возможного выхода через смежное помещение, места расположения ближайших ЗС ГО;

знать порядок воздухообмена убежища и установления соответствующих режимов вентиляции в зависимости от обстановки;

знать расположение и назначение основных коммуникаций, проходящих вблизи сооружения, места вводов в сооружение водопровода, канализации, отопления и электроснабжения и уметь пользоваться отключающими устройствами на этих сетях;

заблаговременно обучать личный состав группы (звена) по обслуживанию ЗС ГО четкому выполнению своих функциональных обязанностей;

обеспечить готовность ЗС ГО к приему укрываемых в установленный срок.

Командир группы (звена) при получении сигналов гражданской обороны обязан:

расставить личный состав группы (звена) по местам обслуживания ЗС ГО согласно обязанностям каждого;

организовать прием, учет и размещение укрываемых в ЗС ГО;

прекратить заполнение убежища через входы без шлюзов и закрыть защитно – герметические и герметические двери (ворота) после получения команды или принятия решения о закрытии ЗС ГО;

организовать наблюдение за параметрами микроклимата и газового состава воздуха в убежище и контроль за радиационной и химической обстановкой внутри и вне убежища;

включить систему вентиляции по требуемому режиму;

разъяснить укрываемым правила поведения в сооружении и следить за их выполнением;

организовать питание и медицинское обслуживание укрываемых;

информировать укрываемых об обстановке вне сооружения и о поступивших сигналах.

Кроме того, при опасной концентрации АХОВ и отравляющих веществ обязан подать команду – надеть противогазы всем укрываемым в ПРУ;

подать команду личному составу, обслуживающему ДЭС и находящемуся за линией герметизации сооружения, работать в противогазах.

По сигналу "Отбой" командир группы (звена) обязан:

уточнить обстановку в районе сооружения и определить режим поведения укрываемых;

установить при необходимости очередность и порядок выхода укрываемых из сооружения с учетом сложившейся в районе ЗС ГО обстановки;

после выхода укрываемых из сооружения организовать уборку, проветривание, а при необходимости – дезактивацию и дезинфекцию помещений сооружения;

подготовить сооружение к повторному приему укрываемых (пополнить запасы горючих и смазочных материалов, медикаментов, воды, продуктов питания и др.).

Обязанности заместителя командира группы по эксплуатации оборудования

Заместитель командира группы по эксплуатации оборудования подчиняется командиру группы по обслуживанию ЗС ГО и отвечает за бесперебойную работу систем жизнеобеспечения ЗС ГО (вентиляции, электроснабжения, водоснабжения, канализации и др.).

Заместитель командира группы по эксплуатации оборудования обязан:
знать правила эксплуатации инженерно – технического оборудования ЗС ГО;

при подготовке ЗС ГО к приему укрываемых проверить готовность к работе систем вентиляции, электроснабжения, водоснабжения, канализации и других систем, исправность защитно – герметических устройств и герметичность ЗС ГО;

организовать контроль за состоянием воздушной среды в убежище (подпором воздуха, его температурой, влажностью и газовым составом) и докладывать о результатах измерений командиру группы;

организовать дежурство по обслуживанию инженерно-технического оборудования ЗС ГО;

организовать при необходимости устранение повреждений и неисправностей инженерно-технического оборудования.

Функциональные обязанности звеньев (специалистов) по обслуживанию защитного сооружения.

Звено по заполнению и размещению укрываемых (контролер):

обеспечивает освобождение ЗС ГО от складского имущества, расстановку нар и другие мероприятия в помещениях для укрываемых;

проверяет готовность дверей (ворот) к закрытию, при обнаружении неисправностей устраняет их;

обозначает маршруты следования укрываемых к ЗС ГО;

организует встречу, прием и размещение укрываемых по отсекам сооружения;

открывает и закрывает двери (ворота) входов по распоряжению командира группы;

обеспечивает пропуск людей в убежище через тамбур - шлюзы после закрытия сооружения;

следит за порядком в помещении;

обеспечивает охрану входов и аварийного выхода сооружения;

организует выход укрываемых через входы или аварийные выходы защитного сооружения.

Звено по обслуживанию фильтровентиляционного оборудования (слесарь по вентиляции):

обеспечивает работу систем воздухообеспечения в заданных режимах, следит за состоянием защитно – герметических устройств системы воздухообеспечения и устраняет их неисправности;

контролирует количество подаваемого в сооружение воздуха, периодически проверяет его подпор;

следит за равномерностью распределения воздуха по отдельным помещениям (отсекам) сооружения.

Рекомендуемая периодичность измерений газового состава воздуха в зависимости от объема помещений на одного укрываемого, режима вентиляции и параметров микроклимата приведены в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Периодичность измерения параметров микроклимата

Измеряемый параметр	Периодичность замеров при различных режимах воздухообеспечения, час		
	чистая вентиляция	фильтровентиляция	регенерация
Температура воздуха	4,0	2,0	1,0
Относительная влажность воздуха	4,0	4,0	4,0
Скорость движения воздуха	4,0	4,0	4,0

В случае достижения предельно допустимых величин параметров микроклимата и газового состава воздуха немедленно докладывает командиру группы (звена). Результаты замеров заносятся в журнал регистрации показателей микроклимата и газового состава воздуха в убежище (противорадиационном укрытии).

Звено по водоснабжению и канализации (слесарь по водопроводу и канализации):

проводит техническое обслуживание и ремонт систем водоснабжения и канализации ЗС ГО;

организует раздачу питьевой воды из емкостей запаса воды, находящихся в сооружении;

следит за порядком в санитарных узлах сооружения, организует сбор бытовых отходов и их последующее удаление.

Звено связи и разведки (радиотелефонист; телефонист, разведчик-химик, разведчик - дозиметрист):

обеспечивает связь с органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям и службой убежищ и укрытий ГО объекта (города, района);

проводит регламентное обслуживание радио и проводных средств системы связи и системы местного оповещения;

контролирует зараженность воздуха радиоактивными и отравляющими веществами внутри ЗС ГО;

ведет разведку и оценивает складывающуюся обстановку вне ЗС ГО;

осуществляет дозиметрический контроль и учет доз облучения укрываемых.

Медицинское звено (врач, фельдшер, сандружинница):

доукомплектовывает аптечки коллективные, наборы фельдшерские и врачебные до установленных норм;

осуществляет постоянное наблюдение и оценивает состояние здоровья укрываемых, выявляет и изолирует инфекционных больных;

оказывает первую медицинскую помощь пораженным и больным, находящимся в сооружении;

контролирует санитарное состояние сооружения;

осуществляет санитарный надзор за хранением и раздачей продуктов питания и питьевой воды, проводит другие необходимые лечебно – профилактические, санитарно – гигиенические и противоэпидемические мероприятия.

Звено организации питания (кладовщик-раздатчик) организует получение и закладку продовольствия, фасовку и выдачу его укрываемым.

3. Задания

1. Занести в рабочую тетрадь основные положения Правил....

2. Ответить на вопросы.

4. Вопросы к лабораторной работе

1. Планирование и выполнение каких мероприятий входит в обязанности начальника ГО организаций?

2. Порядок учета защитных сооружений.

3. Что является документальным основанием для ведения учета ЗС ГО?

4. Требования к эксплуатации защитных сооружений.

5. Использование защитных сооружений для нужд организаций и обслуживания населения.

6. Требования к содержанию и эксплуатации защитных сооружений в режиме повседневной деятельности.

7. Требования к содержанию инженерно-технического оборудования.

8. Эксплуатация технических систем защитных сооружений при режиме ЧС и в военное время.

9. Параметры основных факторов воздушной среды, опасные для дальнейшего пребывания людей в ЗС ГО.
10. Особенности эксплуатации регенеративных установок.
11. Особенности содержания и эксплуатации защитных сооружений на потенциально опасных объектах и территориях.
12. Противопожарные требования.
13. Документация защитного сооружения.
14. Оборудование ЗС ГО.
15. Мероприятия по подготовке защитных сооружений к приему укрываемых.
16. Обозначение защитных сооружений и маршрутов движения укрываемых к ним.
17. Порядок заполнения защитных сооружений укрываемыми.
18. Размещение укрываемых в защитных сооружениях.
19. Санитарно – технические требования к содержанию помещений.
20. Обязанности личного состава группы по обслуживанию защитного сооружения.

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мaстрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мaстрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Лабораторная работа № 5

Знаки безопасности на производственных объектах и в ЗС

Цель работы: приобрести знания в знании знаков безопасности объектов

1. Теоретическая часть

Для предупреждения многих несчастных случаев на производстве и в быту эффективным средством является цветовое оформление машин, приборов, помещений и рациональное применение сигнальных цветов и знаков безопасности, которые устанавливаются **ГОСТ 12.4.026-2001 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная»**.

Различают прямое психофизиологическое воздействие цвета на человека, вызывающее, например, чувство радости или печали, создающее впечатление легкости или тяжести какого – либо предмета, удаленности или близости его, и вторичное воздействие, связанное с ассоциациями. Так, например, красный, оранжевый и желтый цвета ассоциируются с огнем, с солнцем, т. е. с теплом. Такие цвета создают впечатление тепла и называются теплыми цветами. Белый, голубой, зеленый и некоторые другие цвета ассоциируются с холодом и называются холодными цветами.

Сигнальные цвета применяют для окраски поверхностей конструкций, приспособлений и элементов производственного оборудования, которые могут служить источником опасности для работающих; поверхностей ограждений и других защитных устройств, а также пожарной техники.

ГОСТом установлены красный, желтый, зеленый и синий сигнальные цвета. Для усиления контраста сигнальных цветов они применяются на фоне контрастных цветов (белый, черный). Контрастные цвета применяются также для выполнения символов и поясняющих надписей.

Красный сигнальный цвет применяют для:

запрещающих знаков;

надписей и символов на знаках пожарной безопасности;

обозначений отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных;

внутренних поверхностей открывающихся кожухов и корпусов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин и их крышек;

рукояток кранов аварийного сброса давления;

корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением;

обозначения пожарной техники.

Красный сигнальный цвет недопустимо использовать для обозначения стационарно устанавливаемых средств противопожарной защиты, не требующих быстрого опознания (трубопроводы, извещатели и т.п.), а также на путях эвакуации.

Желтый сигнальный цвет используют для:

предупреждающих знаков элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм (низких балок, выступов и перепадов в полости пола, малозаметных ступеней, пандусов);

мест, в которых существует опасность падения, сужений проездов, колонн, стоянок и опор производственного оборудования (открытых движущихся частей оборудования);

кромek штампов, прессов, ограждающих конструкций площадок для работ, проводимых на высоте, и т. п.;

элементов внутрицехового и междцехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и строительно – дорожных машин, кабин и ограждений кранов, боковых поверхностей электрокар, погрузчиков, тележек и т. п.;

постоянных и временных ограждений или элементов ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон, у проемов, ям, котлованов;

выносных площадок, постоянных и временных ограждений лестниц, перекрытий строящихся зданий, балконов и других мест, где возможно падение с высоты;

емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами, на которые предупреждающую окраску наносят в виде полосы шириной 50,..., 100 мм в зависимости от размещения емкости;

границ подходов к эвакуационным или запасным выходам.

Зеленый сигнальный цвет применяют для предписывающих знаков дверей и световых табло эвакуационных или запасных выходов, сигнальных ламп.

Синий сигнальный цвет используют для указательных знаков.

Символ на знаках безопасности – это простое и всем понятное изображение характера опасности, мер предосторожности, инструктивных указаний или информации по безопасности.

Знаки безопасности должны быть установлены в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также на производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности.

Знаки безопасности, устанавливаемые на воротах и входных дверях помещений, означают, что зона действия этих знаков охватывает все помещение.

При необходимости ограничения зоны действия знака приводятся соответствующие указания в поясняющей надписи.

Знаки безопасности должны окрашиваться в соответствии с указанным выше ГОСТом, контрастно выделяться на окружающем их фоне и находиться в поле зрения людей, для которых они предназначены.

На местах и участках, являющихся временно опасными, устанавливаются переносные знаки и временные ограждения, окрашенные в сигнальный цвет.

Всего предусматривается **четыре группы знаков безопасности**:

- 1 – запрещающий (в виде круга);
- 2 – предупреждающий (в виде треугольника);
- 3 – предписывающий (в виде квадрата);
- 4 – указательный (в виде вертикального прямоугольника).

Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета приведены в таблице 10.1.

Знаки безопасности делятся на основные (содержат однозначное смысловое выражение требований безопасности), дополнительные (содержат поясняющую надпись, используются в сочетании с основными), комбинированные и групповые (выражают комплексные требования безопасности).

Они могут быть несветящимися, световозвращающими и фотолюминесцентными, в особо сложных условиях допускается комбинированное использование материалов; плоскими или объемными с внешней или внутренней подсветкой; должны выдерживать воздействие агрессивных сред.

Основные ЗБ: запрещающие, предупреждающие, пожарной безопасности, предписывающие, эвакуационные и знаки медицинского и санитарного назначения, указательные.

Размеры основных ЗБ зависят от расстояния опознания знака и освещенности их поверхности. При изменении расстояния опознания от 5 до 25 м размеры основных ЗБ при нормальном освещении изменяются следующим образом: запрещающие и предписывающие знаки (диаметр круга, мм) от 150 до 650 мм, предупреждающие знаки (длина стороны треугольника) от 150 до 800 мм; остальные знаки (длина стороны квадрата) от 150 до 650 мм, размеры прямоугольника от 150 x 300 мм до 650 x 1300 мм.

Размеры дополнительных ЗБ должны соответствовать размерам основных ЗБ, которые они дополняют.

Комбинированные и групповые ЗБ имеют прямоугольную форму и содержат одновременно основной ЗБ и дополнительный с поясняющей надписью.

Таблица 10.1 – Смысловое значение, область применения сигнальных цветов и соответствующие им контрастные цвета

Сигнальный цвет	Смысловое значение	Область применения	Контрастный цвет
	Непосредственная опасность	Запрещение опасного поведения или действия	

Красный		Обозначение непосредственной опасности	Белый
	Аварийная или опасная ситуация	Сообщение об аварийном отключении или аварийном состоянии оборудования (технологического процесса)	
	Пожарная техника, средства противопожарной защиты, их элементы	Обозначение и определение мест нахождения пожарной техники, средств противопожарной защиты, их элементов	
Желтый	Возможная опасность	Обозначение возможной опасности, опасной ситуации	Черный
		Предупреждение, предостережение о возможной опасности	
Зеленый	Безопасность, безопасные условия	Сообщение о нормальной работе оборудования, нормальном состоянии технологического процесса	Белый
	Помощь, спасение	Обозначение пути эвакуации, аптек, кабинетов, средств по оказанию первой медицинской помощи	
Синий	Предписание во избежание опасности	Требование обязательных действий в целях обеспечения безопасности	
	Указание	Разрешение определенных действий	

Требования к применению ЗБ:

размещение в поле зрения людей, для которых они предназначены;

хорошая видимость при разнообразных производственных и погодных условиях, удобство размещения;

надежное крепление с целью удержания во время механической уборки и от возможного хищения;

размещение и размеры ЗБ на оборудовании, механизмах и т.п. указываются в конструкторской документации.

Сигнальная разметка применяется для обозначения опасностей производственного характера, мест ведения специальных работ, границ мест проведения зрелищных мероприятий и др.

Она выполняется в виде чередующихся полос разных сигнальных и контрастных цветов (красно-белых, желто-черных или зелено-белых).

В соответствии с правилами эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны элементы инженерных систем внутри защитных сооружений ГО должны быть окрашены в разные цвета:

в **белый** – воздухозаборные трубы режима чистой фильтровентиляции (до фильтров-поглотителей), емкости для хранения горюче-смазочных материалов для дизельной электростанции (ДЭС);

в **красный** – трубы режима регенерации (до теплоемкого фильтра) и системы пожаротушения;

в **черный** – трубы электропроводки и канализационные трубы, емкости для сбора фекальных вод;

в **зеленый** – водопроводные трубы, баки запаса воды;

в **серый** – защитно-герметическая дверь (ЗГД), герметическая дверь (ГД), ставни, ворота, клапан избыточного давления (КИД).

3. Задания

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

Нарисовать формы знаков (запрещающего, предупреждающего, предписывающего, указательного) с указанием цвета поля, символов, надписей.

Указать размеры знаков в зависимости от расстояния до наблюдателя и для производственного оборудования и тары.

Защита выполненной работы.

Вопросы к лабораторной работе

1. Какую форму имеет предписывающий знак?

2. Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?
3. Какой размер имеет внешний диаметр круга запрещающего знака №5, наносимого на производственное оборудование и тару?
4. Какой цвет имеет символическое изображение или поясняющие надписи, наносимые на указательные знаки?
5. Какой цвет имеет квадрат, помещенный внутри указательного знака?
6. В какой цвет окрашено поле предупреждающего знака?
7. Какой размер имеет сторона треугольника предупреждающего знака № 4, наносимого на оборудование и тару?
8. Какой цвет имеет символическое изображение на запрещающем знаке?
9. Какую форму имеет запрещающий знак?
10. Какой цвет имеют символические изображения или поясняющие надписи, наносимые на указательные знаки?
11. Какой цвет имеет квадрат, помещаемый внутри указательного знака?

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

С. В. Белов. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. – М.: Высшая школа, 2003.

В. М. Мерцалов, С. Б. Слепушкин, Ю.Н. Райхов, В. И. Саулин Основы функционирования объектов экономики и территорий (ПЭ и СЖОН ЧС-1). Новогорск, АГЗ МЧС России.- 223 с.

Дополнительная литература

3. ГОСТ 34428-2018 Системы эвакуационные фотолуминесцентные. Общие технические условия

Лабораторная работа № 6

Оценка параметров микроклимата в помещениях защитных сооружений

Цель работы: приобрести знания в анализе состояния защитных сооружений

1. Теоретическая часть

Значения параметров микроклимата в помещениях защитных сооружений гражданской обороны должны быть в диапазонах:

температура воздуха – не более 32 °С;

относительная влажность воздуха – не менее 3-% и не более 90%;

с*корость движения воздуха – не более 4 м/с, для системы вентиляции – не более 8 м/с.

В соответствии с [1] для оценки состояния воздушной среды в ЗС ГО при режиме ЧС и в военное время руководствуются следующим:

температура воздуха от 0 до 30 °С – допустимая и не требует проведения дополнительных мероприятий;

температура воздуха 31 – 33 °С – требует ограничения физических нагрузок укрываемых и усиления медицинского наблюдения за их состоянием;

для дальнейшего пребывания людей в ЗС ГО температура воздуха – 34°С и выше требует принять все возможные меры по улучшению воздушной среды или решать вопрос о выводе людей из сооружения.

Воздействие метеорологических условий на человека обуславливает процесс теплообмена между организмом человека и окружающей средой.

Механизм действия внешней тепловой нагрузки на организм и величина выделяемого организмом человека тепла можно проанализировать при рассмотрении структуры теплового обмена одетых испытуемых в условиях высоких температур окружающей среды

$$\pm Q_S = Q_M \pm Q_R \pm Q_C \pm Q_T - Q_E, \quad (6.1)$$

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

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

Q_C – конвекционный обмен организма и окружающего воздуха;

Q_R – теплообмен организма с окружающей средой излучением;

Q_T – тепловой поток теплопередачей;

Q_E – отдача тепла организма испарением.

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

В состоянии покоя при температуре окружающего воздуха 18 °С доля конвекции (Q_K) около 30 %, $Q_{изл} \sim 45$ %, $Q_{исп} \sim 20$ % и Q_v (нагрев выдыхаемого воздуха) ~ 5 %.

При температуре воздуха и окружающих поверхностей 32 – 35 °С теплоотдача путем конвекции и излучения резко сокращается, при этом ведущее место в теплоотдаче занимает испарение (преимущественно пота).

При дальнейшем повышении температуры воздуха и окружающих поверхностей организм начинает получать дополнительное тепло за счет конвекции и радиации, при этом потоотделение еще более возрастает.

В комфортных условиях на теплоотдачу путем конвекции и радиации приходится 65 – 80% всей теплоотдачи организма. При низких температурах теплоотдача путем конвекции и радиации значительно возрастает.

Тепловой баланс может быть нулевым, положительным, отрицательным. Нулевое значение Q_S связано с сохранением теплового равновесия между теплопродукцией и теплоотдачей. При положительной или

отрицательной тепловой нагрузке (накопление или дефицит тепла) говорят о напряжении процессов терморегуляции, а при величинах, превышающих допустимые, – о возможности развития перегрева или переохлаждения.

Температура – это физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы (воздуха, жидкости, твердого тела, поверхности). Часто температуру измеряют по шкале Цельсия t ($^{\circ}\text{C}$), она связана с температурой по шкале Кельвина равенством $t = T - 273,15$ $^{\circ}\text{K}$.

Существуют также шкалы Фаренгейта, Реомюра, Ранкина.

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

Для оценки температуры воздуха в защитных сооружениях используют термометры марок ТМ-4, ТМ-8, СП-8, М-34, МВ-4М.

Относительная влажность воздуха. Влажность воздуха характеризует содержание в нем паров воды. Влажность бывает абсолютной, максимальной и относительной.

Абсолютная влажность воздуха показывает количество водяных паров в граммах, приходящихся на 1 м^3 воздуха ($\text{г}/\text{м}^3$). Она выражается упругостью водяных паров в мм. рт. ст или Па.

Её вычисляют по формуле Ренье

$$P = P_{\text{нас}} - A * (T_c - T_v) * P_b \quad (6.2)$$

где $P_{\text{нас}}$ – парциальное давление насыщенных паров при температуре мокрого термометра, Па (определяют по таблице приложения А);

P_b – барометрическое давление, Па ;

T_c – показания сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$;

T_v – показания мокрого термометра, $^{\circ}\text{C}$;

A – психрометрический коэффициент. Значение его зависит от скорости движения воздуха около баллончиков термометров психрометра. Его значения приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

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

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

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

$$\varphi = \frac{P}{P_n} * 100, \% \quad (3.3)$$

где P_n – парциальное давление насыщенных паров при температуре сухого термометра, P_a (определяют по таблице приложения А);

На самочувствие людей оказывает влияние, главным образом, относительная влажность. Поэтому, при оценке состояния воздушной среды основным критерием является не абсолютная, а относительная влажность.

Относительную влажность определяют с помощью психрометра.

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

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

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

Известно несколько типов психрометров – статические, аспирационные.

Статический психрометр состоит из двух одинаковых термометров, укрепленных на одной подставке. Ртутный шарик одного из них обёрнут тканью, конец которой опущен в сосуд с дистиллированной водой. С помощью статического психрометра проводят «грубые» измерения относительной влажности воздуха, так как на показания термометра влияет скорость движения окружающего воздуха. Кроме того, термометры не защищены от влияния тепловой радиации.

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

Резервуар одного из термометров окутан гигроскопической материей. Через трубки защиты при помощи вентилятора с постоянной скоростью 2 м/с просасывается воздух, свободно омывая резервуары термометров.

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

Для измерения относительной влажности в защитных сооружениях применяют психрометры марок М-19, СКВ, М-34, МВ-4М.

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

В защитных сооружениях применяют **анемометры** типов МС-13 и АСО-3. Анемометр ручной крыльчатый АСО-3 предназначен для измерения скорости воздушного потока в пределах 0,3 - 5 м/с.

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

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

Прибор чувствительный и хрупкий. В потоки скоростью больше 5 м/с его помещать нельзя, так как возможны поломка крыльчатки и неверные показания. Под действием динамического давления воздуха крыльчатка начинает вращаться. Это вращение передается счетчику, который имеет 3 шкалы: единицы, сотни, тысячи. Чем больше скорость, тем больше оборотов совершает крыльчатка.

Перед началом измерения записывают начальное показание счетчика – n_1 . Крыльчатку анемометра устанавливают навстречу воздушному потоку, а ось крыльчатки – вдоль направления потока.

Через 10 – 15 секунд после начала эксперимента, после того, как крыльчатка начнет вращаться с постоянной скоростью, включить секундомер. По нему отметить начало пуска и время измерения (10 – 15 секунд). По истечении времени эксперимента записать показания счетчика – n_2 . Определяют количество делений, которое прошла стрелка за указанное время $(n_2 - n_1)/15$. По тарифовочному графику (рисунок 3.1) определяют скорость (м/с).

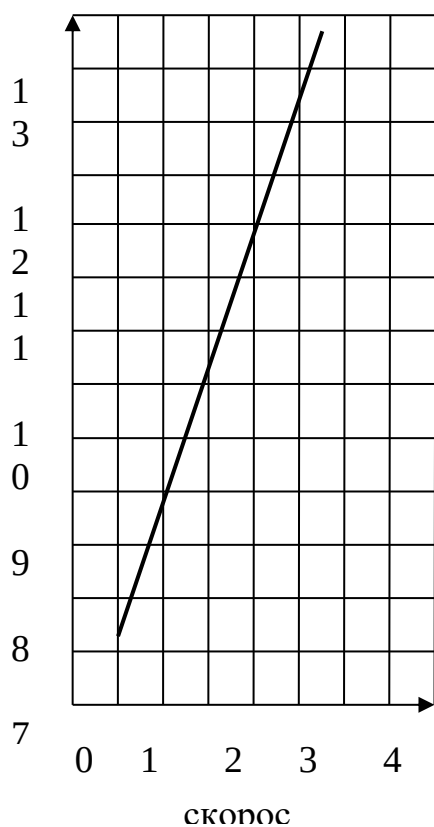


Рисунок 6.1 – График зависимости

Места замеров в ЗС ГО выбирают с учетом особенностей планировочных решений помещений и таким образом, чтобы исключить влияние на результаты замеров локальных изменений этих параметров.

Места замеров и количество точек измерения в зависимости от геометрии и площади ЗС ГО приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Места измерений параметров микроклимата

Тип сооружения и помещения	Количество точек измерения	Место измерения	
		Расстояние от стен и ограждающих конструкций, м	Расстояние (высота) от пола, м
Убежище площадью не более 500 м ²	1...3	1,0 – 1,5	0,3 – 0,8
более 500 м ²	5	1,5 – 2,0	0,5 – 1,0
Убежища помещения, расположенные в тоннелях	3 (через 100 м)	1,0 – 2,0	0,3 – 1,0
Убежища помещения, расположенные в штреках горных выработок	3 (через 100 м)	1,0 – 2,0	0,3 – 1,0
Помещения станций метрополитенов	3	1,0 – 2,0	0,3 – 1,0

Периодичность измерения параметров микроклимата приведена в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Периодичность измерения параметров микроклимата

Измеряемый параметр	Периодичность замеров при различных режимах воздухообмена, час		
	чистая вентиляция	фильтровентиляция	регенерация
Температура воздуха	4,0	2,0	1,0
Относительная влажность воздуха	4,0	4,0	4,0
Скорость движения воздуха	4,0	4,0	4,0

3. Задания

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

2. Изучить устройство приборов для определения параметров микроклимата и ознакомиться с правилами безопасности при их эксплуатации.

3. Определить температуру воздуха в помещении убежища. Количество точек принять по таблице 3.2.

4. Определить относительную влажность воздуха. Для этого выполнить измерения в определенном количестве точек (таблица 6.2), результаты измерений занести в таблицу 3.4. Расчеты выполнить по формулам 6.2 и 6.3.

Таблица 6.4

Высота точки измерения	Барометрическое давление, Р, Па	Показания термометров, °С		Абсолютная влажность, Р, г/м ³	Относительная влажность, %	
		сухого	мокрого		по таблице	по формулам

5. Сделать выводы о соответствии фактических параметров микроклимата нормативным или оптимальным.

2. Защита выполненной работы

1. 4. Вопросы к лабораторной работе

2. Перечислите параметры, характеризующие микроклимат помещений убежищ.

3. В каких точках необходимо производить замеры параметров микроклимата в убежищах?

4. В чем отличие оптимальных микроклиматических условий от допустимых?

5. Укажите приборы, с помощью которых определяются параметры микроклимата.

6. Что такое нагревающий и охлаждающий микроклимат?

7. Сформулируйте и поясните основное уравнение теплового баланса организма человека.

8. Какие параметры микроклимата регламентируются в защитных сооружениях?

9. Какие значения контролируемых параметров микроклимата должны быть в убежищах?

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС,

2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Матрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Матрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Приложение А

Парциальное давление водяных паров при различных температурах

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

Лабораторная работа № 7

Измерение концентрации углекислого газа (CO_2) и определение времени безопасного пребывания укрываемых в ЗС

1. Введение

В воздухе ЗС при размещении в нем укрываемых скапливается углекислый газ. Его допустимое значение в объемных процентах не должно превышать 2% (в атмосфере его содержание 0,03%).

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

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

Цель работы: получение практических навыков по измерению концентрации углекислого газа (CO_2) и определению времени безопасного пребывания укрываемых в ЗС.

2. Теоретическая часть

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

Средняя смертельная концентрация в воздухе (CL_{50}) – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии на мышей или крыс;

Средняя смертельная доза при введении в желудок ($DL_{50ж}$) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок;

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу ($DL_{50к}$) – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу;

Порог хронического действия ($Lim_{сг}$) – минимальная концентрация вредного вещества, вызывающая вредное действие в хроническом эксперименте по 4 часа 5 раз в неделю на протяжении не менее 4 месяцев;

Порог острого действия (Lim_{ac}) – минимальная концентрация вредного вещества, вызывающая изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций;

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК р.з) – такая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

Показатели возможности отравления:

1. Коэффициент возможного ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально достигаемой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°C к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

2. Зона острого действия (Lim_{ac}) – отношение среднесмертельной концентрации к порогу острого действия.

3. Зона хронического действия (Lim_{cr}) – отношение порога острого действия к порогу хронического действия.

В воздухе защитных сооружений регламентируется содержание нескольких веществ. Они представлены в таблице

Таблица 7.1 – Перечень параметров, контролируемых в ЗС ГО

Наименование параметров	Значение параметров	Средства измерения	Примечание
Параметры газового состояния воздуха			
Содержание в воздухе: кислорода	не менее 16,5%	МН-5130, КГС-К, ПГА-КМ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
двуокиси азота	не более 4,0%	КГС-ОУ, ГС-СОМ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
окси углерода	не более 100 мг/м ³	ТП2221, КГС-ДУ, КГП-ДУ, ГХЛ-1	ПДЗ параметра
метана	не более 300 мг/м ³	КАМ-IV-3, ОА-2309М	реком. значение параметра
пыли	не более 10 мг/м ³	Лаза -1	ПДЗ параметра

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

- лабораторные;
- автоматические;
- экспресс – методы.

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

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

Автоматические методы обеспечивают непрерывность, достаточную точность, объективность анализа.

В зависимости от оцениваемых свойств среды их делят на:

механические (зависимость плотность газовой смеси от концентрации компонента);

акустические (зависимость скорости поглощения звуковых волн от концентрации);

магнитные (зависимость физических свойств смеси в магнитном поле от концентрации);

тепловые (зависимость теплопроводности от концентрации).

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

К ним относятся:

фотоколориметрические;

термохимические;

колориметрические;

линейно – колориметрические;

спектрофотометрические и др. методы анализа.

Колориметрические методы основаны на протягивании воздуха, содержащего загрязняющие вещества через раствор, фильтровальную бумагу, зернистый твердый сорбент и измерение интенсивности полученной на них окраски путем сравнения со стандартными шкалами (образцами – эталонами) с указанной на них концентрацией исследуемого вещества.

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

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

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

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

Техническая характеристика прибора:

Продолжительность проведения одного анализа 5 – 7 мин

Допускаемая погрешность, % ... ± 10 от верхнего предела каждой шкалы.

Измерение концентрации проводят при параметрах:

барометрическое давление, Па 90000 – 101000;

относительная влажность, %.....30 - 80;

температура, °С 15 - 30.

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

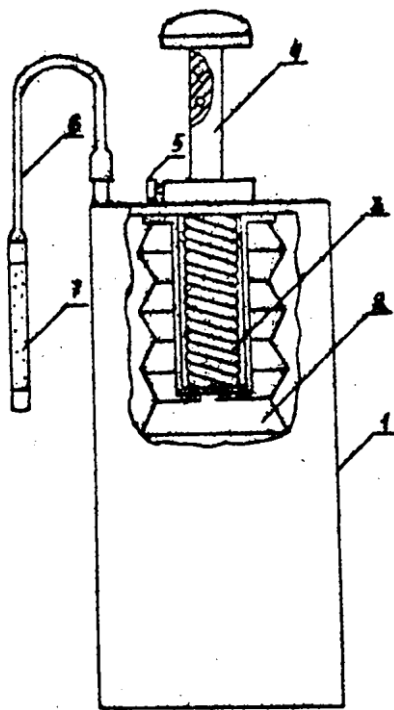


Рисунок 7.1 – Газоанализатор УГ–2:

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

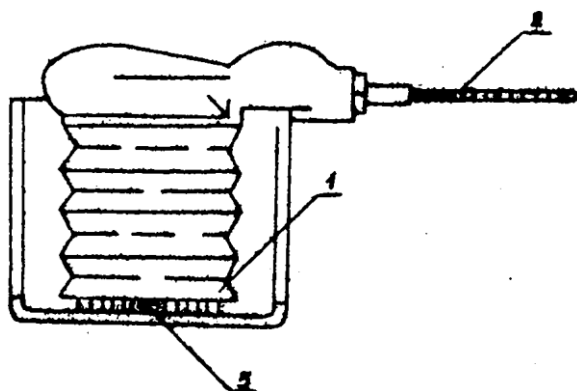


Рисунок 7.2 – Химический газоопределитель ГХ–4:

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

Порядок работы с прибором ШИ – 10, ШИ – 11 (шахтный интерферометр) (рисунок 4.3)

Действие прибора основано на измерении смещения интерференционной картины вследствие отклонения луча из-за изменения внутреннего состава газовой среды в приборе. Он включает штуцер 1 для засасывания в прибор газа из бокса; распределительный кран 2 для определения вида измеряемого газа (CO_2 или CH_4); окуляр 3 для наблюдения за интерференционной картиной; штуцер с фильтром 4 для подключения насоса – груши; микровинт 5 для установки интерференционной картины на «О» шкалы; переключатель 6 для установления режима работы прибора («И» – измерение, «К» – контроль); кнопку 7 включения лампы подсветки; патрон с лампой 8; крышку 9 отделения для помещения поглотительного патрона.

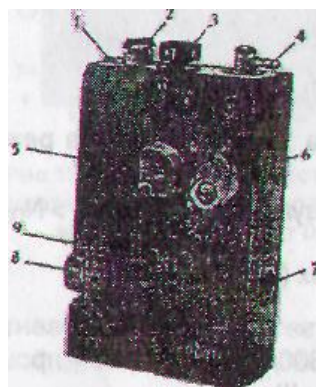


Рисунок 7.3 – Общий вид прибора ШИ – 10

Порядок измерений.

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

Произвести проверку нулевого положения интерференционной картины:

отстегнуть клапан футляра;

переключатель 6 поставить в положение «К»;

прокачать с помощью груши 3 – 4 раза прибор чистым воздухом, если проба будет из бокса;

нажать кнопку включения лампы 7 и посмотреть в окуляр 3 на положение интерференционной картины. Если интерференционная картина не сместилась относительно нулевой отметки шкалы, переключатель 6 поставить в положение «И» и застегнуть клапан;

если картина сместилась относительно нулевой отметки, то микровинтом 5 вернуть ее на нуль (путем совмещения левой черной полосы с нулевой отметкой неподвижной шкалы);

штуцер 1 соединить резиновой трубкой со штуцером на корпусе бокса, если проба из бокса.

3. Задания

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

2. Определить содержание углекислого газа в помещении. Произвести два измерения с интервалом 3...4 мин. Данные измерений занести в таблицу 4.1.

Для проведения измерений распределительный кран 2 поставить в положение « CO_2 ». Путем трех сжатий резиновой груши пробу прокачать через прибор. Если в набранной пробе имеется примесь CO_2 , то интерференционная картина, наблюдаемая в окуляр 3, после нажатия кнопки 7 сместится вправо вдоль шкалы. По смещенному положению левой черной

полосы интерференционной картины производится отсчет делений шкалы с точностью до 0,1%.

Таблица 7.1 – Концентрация CO₂ в ЗС

Измерения	1	2	С _{ср}
Содержание углекислого газа, CO ₂ , %			

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

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

$$V = \frac{B_n * (273 + t) * G * 22,4 * 100}{273 * B_t * M}, \% \quad (7.1)$$

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

t – температура воздуха в помещении, °С;

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

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

M – молекулярная масса газа, г/моль.

Пример расчета.

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

$$V = \frac{101325 * (273 + 24) * 0,0018 * 22,4 * 100}{273 * 99600 * 78} = 0,582\% \text{ по } V \quad (7.2)$$

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

$$t_{без} = \frac{Coб * Woб * 1000}{Noб * B * 100}, ч, \quad (7.3)$$

где $Woб$ – 1500 м³ – объем ЗС;

B – количество CO₂, выделяемого одним человеком, 15 – 20 л/ч (человек поглощает $A \geq 25$ л/мин);

$Noб = Noб1 + Noб2$ - число укрываемых в ЗС.

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

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

$$G = \frac{C * V * 3600}{t}, \quad (7.4)$$

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

V – объем помещения, м³ ;

t – время хода поршня, с.

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

$$L = \frac{K * G}{ПДК_{рз} - C_n} \quad (7.5)$$

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

G – интенсивность выделения вредных веществ, мг/ч;

$ПДК_{рз}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в помещении ЗС, мг/м³;

C_n – концентрация вещества в приточном воздухе (0 – 30% от $ПДК_{рз}$), мг/м³.

7. Найти кратность воздухообмена

$$n = \frac{L}{V}, \quad (7.6)$$

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

V – объем помещения, м^3 .

8. Защита выполненной работы

4. Вопросы к практической работе

Какие вещества регламентируются в воздухе защитных сооружений ГО?

Какова предельная концентрация каждого вещества в помещениях защитных сооружений?

Какие показатели характеризуют степень токсичности веществ?

Перечислите показатели возможного ингаляционного отравления.

Принцип действия газоанализатора УГ-2.

Принцип действия газоопределителя ГХ-4.

Принцип действия шахтного интерферометра ШИ-10.

8. Порядок работы шахтного интерферометра ШИ-10.

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мaстрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мaстрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Лабораторная работа №8

Оценка освещенности и состояния системы электроснабжения защитных сооружений

1. Введение

Электроснабжение ЗС организуется для освещения помещений и питания электродвигателей и осуществляется от сети предприятия по кабельным вводам, либо от ДЭС (дизель-электростанций), которые проектируются, как правило, на группу ЗС.

В случае, когда в ЗС предусмотрен режим регенерации воздуха, либо укрытие нетранспортабельных больных, в самом ЗС предусматривается установка защищенного источника электроснабжения (ДЭС) независимо от вместимости ЗС.

Во всех помещениях ЗС предусматривается только **общее освещение**. Нормативы освещенности в помещениях для укрываемых 30 лк, на КП 50 лк, в коридоре 10 лк. При электроснабжении от ДЭС допускается снижение нормы освещенности в 3 раза.

Малые и средние ЗС должны иметь запас аккумуляторных фонарей.

В случае использования помещений ЗС не по прямому назначению (например, для проведения занятий) их освещение производится по нормам производственных помещений с возможностью отключения части светильников.

Цель работы: получить практические навыки по оценке освещенности и состояния системы электроснабжения защитных сооружений.

1. Теоретическая часть

Видимый свет – это электромагнитные волны с длиной волны от 770 до 380 нм. Он входит в оптическую область электромагнитного спектра,

который ограничен длинами волн от 10 до 340000 нм. Кроме видимого света в оптическую область входит ультрафиолетовое излучение (длины волн от 10 до 380 нм) и инфракрасное (тепловое) излучение (от 770 до 340 000 нм).

Наибольшая чувствительность органов зрения человека приходится на излучение с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет).

Часть лучистого потока, воспринимаемая органами зрения человека как свет, называется световым потоком и обозначается буквой F . Он измеряется в люменах (лм).

С физической точки зрения **световой поток** – это мощность видимого излучения, т.е. световая энергия, излучаемая по всем направлениям за единицу времени. Так как измерение светового потока основывается на зрительном восприятии, то световой поток – величина не только физическая, но и физиологическая.

Пространственную плотность светового потока называют **силой света** и измеряют в канделах (кд). Она характеризует неравномерность распространения светового потока в пространстве и определяется выражением

$$I = \frac{F}{W}, \quad (8.1)$$

где F – световой поток, исходящий от источника света и распространяющийся равномерно внутри элементарного телесного угла;

W – величина элементарного телесного угла.

Единица меры телесного угла – телесный угол, вырезающий из сферы (с центром в вершине угла) площадь, равную площади квадрата, построенного на радиусе. Такой телесный угол называют стерadianом (ср).

Полный телесный угол вокруг точки равен 4π ср, поэтому сила света точечного источника

$$I = \frac{F}{4\pi}. \quad (8.2)$$

Важнейшая светотехническая величина – освещенность. Освещенностью поверхности E называется величина, измеряемая отношением светового потока F , падающего на поверхность к величине поверхности S т. е.

$$E = \frac{F}{S}. \quad (8.3)$$

Освещенность измеряется в люксах (лк); она также может быть выражена через силу света. Так, для точечного источника света

$$E = \frac{I \cdot \cos \alpha}{R^2}, \quad (8.4)$$

где I – сила света в направлении от источника на данную точку поверхности;

R – расстояние от светильника до поверхности;

α – угол между нормалью поверхности и направлением светового потока от источника.

Яркость используется для характеристики протяженного источника света, обладающего светящейся поверхностью S . Яркость протяженного источника света L определяется отношением силы света в данном направлении I к поверхности источника, видимой по этому направлению, либо отношением светового потока F к произведению телесного угла W внутри которого излучается поток, на видимую поверхность источника света:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \varphi}, \quad (8.5)$$

где φ – угол между нормалью к светящейся поверхности и глазом наблюдателя.

Яркость измеряется в кд/м² или нитах (нт).

Рассмотренные светотехнические величины относятся к количественным показателям освещения.

Искусственное освещение осуществляется электрическими лампами или прожекторами. Оно может быть общим, местным или комбинированным.

Общее предназначено для освещения всего помещения. Местное при необходимости дополняет общее и концентрирует дополнительный световой поток на рабочих местах. Сочетание местного и общего освещения называют комбинированным.

Освещенность E – плотность светового потока на освещаемой поверхности. Эта величина равна отношению светового потока Φ к площади освещаемой поверхности S при условии его равномерного распределения. Единицей освещенности является люкс (лк), равный освещенности, создаваемой световым потоком в 1 люмен (лм), равномерно распределенным на площади в 1 м².

Средняя освещенность определяется по формуле

$$E = \frac{\Phi}{S}, \text{ лк.} \quad (8.6)$$

Освещенность может быть измерена с помощью объективного люксметра с фотоэлементом, являющимся удобным и точным прибором переносного типа.

Проведение измерения освещенности на рабочих местах осуществляется приборами – люксметрами различной модификации (Ю-116, Ю-117, «Кварц-21», «Аргус-01»).

Принцип работы прибора состоит в следующем. Световой поток воздействует на фотоэлемент, с которым соединен миллиамперметр, шкала которого градуирована в люксах. В люксметрах наиболее часто используют селеновый фотоэлемент, так как его спектральная чувствительность близка к спектральной чувствительности глаза. Во время измерения фотоэлемент размещают в точке замера, расположив его в плоскости рабочей поверхности. Стрелка миллиамперметра отклоняется пропорционально величине освещенности в измеряемой точке.

Прибор состоит из корпуса, на лицевой панели корпуса расположен стрелочный индикатор, переключатель диапазона измерения (100 – 30) и переключатель включения напряжения сети со встроенным индикатором.

Люксметр Ю-116 имеет две шкалы измерения на 5 – 30 и 20 – 100 лк. Для расширения пределов измерения имеются насадки КМ, КР, КТ, поглощающие в 10, 100 и 1000 раз, соответственно.

Основным методом расчета общего равномерного искусственного освещения горизонтальной поверхности является метод коэффициента использования светового потока. В соответствии с ним необходимый световой поток определяют по формуле

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} * S * Z * K_{\text{з}}}{N * n * j * f}, \quad (8.7)$$

где $F_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм;

$E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная величина освещенности, лк;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для газоразрядных ламп его принимают равным 1,1, для ламп накаливания – 1,15;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент запаса, зависящий от запыленности помещения и типа применяемых источников света. Обычно $K = 1,3 - 1,8$;

N – число светильников в помещении;

n – число ламп в светильнике;

j – коэффициент использования светового потока;

f – коэффициент затенения, который вводится в расчет только при наличии крупногабаритного оборудования, затеняющего пространство.

Коэффициент использования светового потока определяют в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности, размеров помещения, которые учитываются индексом помещения. Индекс помещения определяется по формуле:

$$I = \frac{A * B}{H_{\text{р}} * (A + B)}, \quad (8.8)$$

где I – индекс помещения;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

$H_{\text{р}}$ – расчетная высота подвеса светильника

$$H_p = H - H_{rp} - H_c, \quad (7.9)$$

где H – высота помещения, м;

H_{rp} – высота поверхности, м;

H_c – высота свеса светильника, м.

Справочные материалы приведены в приложении А, таблицы 1,2.

Для освещения помещений ЗС рекомендуется применять лампы накаливания. Их номенклатура и характеристики даны в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Характеристика ламп накаливания

Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Тип лампы	Световой поток, лм
15	В	105	150	Г	2000
25	В	220	150	Б	2100
40	Б	400	200	Г	2800
40	БК	460	200	Б	2920
60	Б	715	300	Г	4600
60	БК	790	500	Г	8300
100	Б	1350	750	Г	13100
100	БК	1450	1000	Г	18600

Номенклатура выпускаемых светильников для ламп накаливания представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Основные характеристики светильников с лампами накаливания для общего освещения производственных помещений

Тип светильника	Конструктивное исполнение	Мощность и количество ламп	Габариты, мм		Класс светорас- преде- ления
			Диаметр отража- теля	Высота светильника	
1	2	3	4	5	6
Светильники для освещения помещений с нормальными условиями среды					
ГС-500М-01 У4	Незащищенное открытое	1x500	478	500	Д
ГС-1000М-203 У4		1x1000	516	580	Д
НСП21-100- 001-У3		1x100	224	270	М
НСП21-200- 003-У3		1x200	316	315	М
НСП09- 200/Р50		1x200	240	290	М
Светильники для освещения помещений с тяжелыми условиями среды					

Окончание таблицы 8.2					
1	2	3	4	5	6
СУ-500М1-01	Полностью пылезащищенное, брызгозащищенное	1x500	438	328	Д
ГсУ-500М-01		1x500	500	478	Л
ГсУ-1000М-04		1x1000	580	516	Л
НСР01-100/Р54-02		1x100	270	180	Д
УПН-500	Частично пыленепроницаемое	1x500	310	460	Д
РП-100М		1x100	301	195	Д
РП-200		1x200	350	233	Д
УПМ-15	Частично пылезащищенное	1x500	460	390	М
УПД-500-001-У3	Частично пыленепроницаемое	1x500	470	375	Д
УПС-500	Частично пылезащищенное	1500	665	336	С

Примечание: Д – косинусная кривая силы света; М - равномерная кривая силы света; С – синусная кривая силы света; Л – полуширокая кривая силы света

Справочные материалы для определения коэффициентов использования светового потока приведены в таблицах 5.3 – 5.5.

Таблица 8.3 – Коэффициенты использования светового потока. Светильники с лампами накаливания

Тип светильника	УПМ			УПД			НСР			НСП		
Лп	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
Лс	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Лр	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10
Индекс помещения	Коэффициенты использования, %											
0,5	24	20	17	28	23	20	19	12	9	32	23	20
0,7	42	34	30	40	33	29	29	19	15	44	32	30
0,9	49	41	37	47	39	36	35	25	19	52	42	38
1,0	51	43	39	50	42	39	37	26	20	55	46	41
1,25	56	47	43	57	47	44	43	30	24	63	52	47
1,5	60	50	46	61	51	47	46	32	25	68	55	50
1,75	63	53	48	65	56	50	49	35	27	72	59	54
2,0	66	55	51	68	58	54	52	37	29	76	62	57
2,5	70	59	55	73	61	58	56	40	32	80	66	61
3,0	73	62	58	77	64	61	60	43	35	84	68	64
3,5	76	64	61	79	66	63	62	45	36	86	70	65
4,0	78	66	62	81	67	64	64	47	38	88	72	67
5,0	81	69	64	82	69	66	67	49	40	90	74	69

Таблица 8.4 – Коэффициенты использования светового потока. Светильники с лампами накаливания

Тип светильника	ГС, ГсУ			УПН			РП			УПС		
Лп	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30
Лс	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Лр	30	10	10	30	10	10	30	10	10	30	10	10
Индекс помещения	Коэффициенты использования, %											
0,5	59	50	48	20	11	7	18	10	9	30	25	21
0,7	67	59	55	26	15	10	25	18	15	38	31	28
0,9	72	64	61	31	20	13	32	23	20	46	37	33
1,0	75	66	63	34	23	15	33	24	22	48	40	37
1,25	80	70	67	39	26	18	39	28	25	52	43	40
1,5	83	73	71	43	29	21	42	30	27	55	46	43
1,75	86	76	74	47	32	23	45	32	29	58	49	46
2,0	90	80	76	50	34	26	49	34	31	61	51	48
2,5	94	82	79	55	38	29	53	36	34	64	53	50
3,0	96	83	80	60	40	32	56	39	36	67	56	53
3,5	98	85	82	62	42	34	58	40	37	69	57	55
4,0	99	86	83	63	45	36	60	42	39	71	59	57
5,0	99	86	84	66	47	38	63	43	42	73	61	59

При проектировании искусственного освещения важную роль играет их размещение в помещении. Светильники общего равномерного освещения с лампами накаливания располагают по вершинам квадратных, прямоугольных, ромбических полей. При размещении в вершинах прямоугольных полей должно выполняться соотношение $L/L1 \leq 1,5$ (L – большая сторона прямоугольника, $L1$ – меньшая сторона прямоугольника). При размещении по вершинам ромбических полей острые углы при вершинах составляют 60° .

Расстояние между светильниками зависит от типовой кривой силы света, которой характеризуется данный осветительный прибор. Для создания равномерного освещения необходимо учесть при размещении светильников наивыгоднейшее соотношение L/Hp (L – расстояние между светильниками, Hp – расчетная высота подвеса светильника). Рекомендуемые соотношения приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Рекомендуемые соотношения L/Нр

Тип кривой силы света	Условное обозначение	L/Нр
Концентрированная	К	0,4 – 0,8
Глубокая	Г	0,8 – 1,1
Косинусная	Д	1,4 – 1,6
Равномерная	М	1,8 – 2,6
Полуширокая	Л	1,6 – 1,8
Синусная	С	1,5 – 1,7

При размещении светильников расстояние от крайних светильников или крайних рядов светильников до стены принимается в пределах (0,3 – 0,5) L. Во вспомогательных помещениях это расстояние принимают 0,5L.

Для всех помещений защитных сооружений предусматривается общее освещение. Нормы освещенности приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.6

N пп	Помещения	Освещенность, лк при лампах накаливания	Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
1	Связи, пункт управления	50	на уровне 0,8 м от пола
2	Для укрываемых, места для больных, пост мед. сестры, ФБП, ДХ и санитарная комната	30	-«-
3	Санитарные узлы, переходы, тамбуру и тамбур-шлюзы	10	на полу

Примечание. При электроснабжении от ДЭС допускается снижение норм освещенности.

3. Задания

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

2. Изучить устройство прибора для определения освещенности и ознакомиться с правилами безопасности его эксплуатации.

3. Произвести измерение освещенности с помощью люксметра Ю-16 в трех точках в помещении для укрываемых, на КП, в коридоре) и сравнить с нормативами для ЗС.

4. Сделать выводы о соответствии фактических параметров освещенности с нормативными для ЗС.

5. Рассчитать искусственное освещение в помещении размещения укрываемых. Использовать светильники во взрывозащищенном исполнении с лампами накаливания. Исходные данные приведены в таблице 8.7.

Таблица 8.7 – Исходные данные для расчета

Номер варианта	Размеры помещений					
	Первое помещение			Второе помещение		
	длина, м	ширина, м	высота, м	длина, м	ширина, м	высота, м
1	12,0	6,0	2,40	6,0	6,0	2,4
2	6,5	6,0	2,15	4,0	4,0	2,15
3	3,0	12,0	2,20	5,0	12,0	2,20
4	3,5	6,0	2,30	7,0	6,0	2,30
5	4,0	6,5	2,40	8,0	6,5	2,40
6	13,0	6,0	2,50	5,5	6,0	2,50
7	15,0	4,5	2,60	5,8	4,5	2,60
8	17,5	5,5	2,70	6,2	5,5	2,70
9	20,5	6,3	2,80	15,0	8,0	2,80
10	20,0	10,2	2,90	15,7	6,0	2,90
11	14,5	10,8	2,25	15,8	10,8	2,25
12	14,0	11,5	2,35	16,3	11,5	2,35
13	13,5	9,8	2,45	16,4	9,8	2,45
14	13,0	9,5	2,55	16,8	9,5	2,55
15	18,5	7,6	2,65	28,9	7,6	2,65
16	18,0	7,5	2,75	27,6	7,5	2,75
17	19,0	4,5	2,85	29,9	4,5	2,85
18	16,3	4,7	2,95	32,4	4,7	2,95
19	16,5	8,4	2,21	33,5	8,4	2,21
20	18,2	8,9	2,26	40,5	8,9	2,26
21	22,8	8,6	2,74	25,6	8,6	2,74
22	30,0	6,5	2,80	20,5	6,5	2,80
23	35,0	6,4	2,35	16,5	6,4	2,35
24	35,5	8,9	2,48	16,7	8,9	2,48
25	36,0	10,5	2,55	19,4	10,5	2,55

2. Защита выполненной работы

4. Вопросы к лабораторной работе

1. Количественные и качественные показатели, характеризующие искусственное освещение.
2. Системы освещения, применяемые в ЗС.
3. Сущность расчета искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока.
4. Параметры работы, которые определяют нормируемое значение освещенности.
5. Виды и классификация светильников для освещения ЗС.
6. Чему равна нормируемая величина освещенности в убежищах?

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
 \ (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Лабораторная работа № 9

Оценка уровня шума в помещениях защитных сооружений и разработка мероприятий по его снижению

1. Введение

Постоянный шум в помещениях ЗС связан с работой фильтровентиляционных установок (ФВУ). При работе установок возникают два вида шума – аэродинамический и механический.

Для обеспечения благоприятного самочувствия людей в ЗС желательно, чтобы шум от работающего оборудования систем вентиляции не вызывал повышенного уровня шума в помещениях.

На занятии студенты получают практические навыки по работе с приборами для измерения шума, оценке шума в убежище на предмет соответствия их нормативным требованиям, расчету средств звукоизоляции и звукопоглощающих облицовок для снижения шума.

1. Теоретическая часть

Звук как физическое явление представляет собой распространение волновых колебаний в упругой среде, а как физиологическое явление определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха.

Шумом называют любые нежелательные звуки, мешающие восприятию полезных сигналов, а также звуки, оказывающие вредное или раздражающее воздействие на организм человека.

Звук, распространяющийся в воздухе, называется **воздушным**, а в строительных конструкциях и в любых твердых телах – **структурным**. Звуки, вызываемые ходьбой, перемещением мебели и т. п. называют **ударным шумом**.

Скоростью звука в какой-либо среде называют скорость распространения звуковой волны в этой среде. Скорость звука в воздухе при температуре 15 – 25 °С равна примерно 340 м/с. С повышением температуры среды скорость звука увеличивается.

Физическая природа шума обусловлена колебательными движениями частиц упругой среды, распространяющимися в виде волн. Как физиологическое явление, шум определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне от 16 до 20000 Гц.

Колебания ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются человеческим ухом.

В технике вентиляции и кондиционирования воздуха имеют место шумы с частотами в диапазоне 40 – 10000 Гц.

В качестве основных параметров, учитываемых при нормировании и расчетах шумоглушения, принимают **звуковое давление P** и его **уровень L** .

Звуковое давление P – избыточное давление в данной точке среды по сравнению с давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звукового поля. Звуковое давление выражается в паскалях (Па), а уровень звукового давления – в децибелах (дБ).

Звуковое давление можно представить в виде суммы простых синусоидальных колебаний давления. Каждое простое колебание характеризуется среднеквадратичным значением давления и числом колебаний в секунду, т.е. частотой. Единица частоты колебаний – герц (Гц) (одно колебание в секунду – 1 Гц).

Под **интенсивностью звука (шума) I** понимают количество звуковой энергии, проходящей через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения звуковой волны, Вт/м².

Соотношение между интенсивностью звука и давлением звука имеет вид

$$I = \frac{P^2}{\rho * c}, \quad (9.1)$$

где P – звуковое давление, Па;

ρ – плотность среды, кг/м³;

c – скорость звука, м/с.

Характерной особенностью абсолютных значений звукового давления, интенсивности звука является большой диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое давление или интенсивность звука не в абсолютных, а в относительных единицах (белах, децибелах) по отношению к пороговым значениям. Измеренные таким образом величины называются уровнями.

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

$$B = \lg \frac{I}{I_0}, \quad (9.2)$$

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

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

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

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

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \quad (9.3)$$

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

Ухо человека обладает наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах и наименьшей – на низких.

Звуки, одинаковые по уровню, но разные по частоте, воспринимаются на слух неодинаково громкими. Для учета различия в чувствительности слухового аппарата к звукам различной частоты, введено понятие уровня громкости звука, измеряемого в фонах.

Под уровнем громкости данного звука понимают уровень звукового давления равногромкого с ним на слух звука частотой 1000 Гц.

Для оценки субъективного восприятия громкости звука введена специальная единица – сон. За единицу громкости 1 сон условно принят уровень громкости 40 фон.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень шума, который при ежедневной работе (кроме выходных дней), но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Для контроля фактических уровней шума, оценки шумового режима в помещениях и разработки рекомендаций по снижению шума измеряют параметры шума специальными приборами – шумомерами.

Шумомер позволяет определить уровень звукового давления, дБ, и поэтому эта величина используется для оценки воздействия шума на человека.

Защита от шума осуществляется различными способами. ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» дает определение и общую классификацию методов и способов защиты. Так, средства защиты от шума по отношению к источнику подразделяются на методы, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее распространенными способами защиты от шума являются методы, основанные на поглощении и отражении звука, которые рассматриваются в данной работе.

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

Снижение шума достигается за счет уменьшения интенсивности прямого звука путем установки ограждений, кабин, кожухов, экранов.

При падении звуковой энергии с интенсивностью $J_{\text{пад}}$ на преграду часть этой энергии отражается, часть проникает в преграду и поглощается ею, превращаясь в тепловую энергию, а оставшаяся часть, проходя сквозь преграду, излучается по другую сторону преграды.

Свойства самой преграды и материала, покрывающего эту преграду, определяются следующими показателями:

Коэффициент звукопоглощения α

$$\alpha = \frac{J_{\text{погл}}}{J_{\text{пад}}}, \quad (9.4)$$

где $J_{\text{погл}}$ – поглощенная материалом или преградой звуковая энергия, Вт/м²;

$J_{\text{пад}}$ – интенсивность падающей звуковой энергии, Вт/м².

Коэффициент отражения β – отношение отраженной звуковой энергии, определенной интенсивности $J_{\text{отр}}$ к падающей $J_{\text{пад}}$

$$\beta = \frac{J_{\text{отр}}}{J_{\text{пад}}}, \quad (9.5)$$

где $J_{\text{отр}}$ – интенсивность отраженного звука, Вт/м².

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

$$\gamma = \frac{J_{\text{пад}}}{J_{\text{пр}}}, \quad (9.6)$$

Коэффициент прохождения (коэффициент проницаемости) τ – отношение прошедшей через преграду звуковой энергии интенсивности $J_{\text{пр}}$ к падающей $J_{\text{пад}}$

$$\tau = \frac{J_{\text{пр}}}{J_{\text{пад}}}. \quad (9.7)$$

Коэффициент рассеяния δ поверхности или материала определяется по формуле

$$\delta = \frac{J_{nad} - J_{ногл} - J_{np}}{J_{nad}}. \quad (9.8)$$

Согласно закону сохранения энергии

$$\alpha + \beta + \delta + \tau = 1. \quad (9.9)$$

Чем меньше коэффициент прохождения (τ), тем больше ослабление звука преградой, то есть лучше ее звукоизоляционные свойства.

Звукоизоляция конструкции R , дБ, оценивается через десятичный логарифм коэффициента звукоизоляции или отношения интенсивностей падающего и прошедшего звука

$$R = 10 \lg \gamma = 10 \lg \frac{J_{nad}}{J_{np}} \quad (9.10)$$

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

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

Звукоизоляция однослойной перегородки может быть определена по формуле

$$\Delta L = 20 \lg(m * f) - 47,5, \quad (9.11)$$

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

ρ – плотность материала перегородки, кг/м³;

h – толщина перегородки, м);

f – частота звука, Гц.

Как видно из формулы (9.11), звукоизоляция перегородки тем больше, чем она тяжелее (изготовлена из более плотного материала, толще) и чем выше частота звука.

Перегородки выполняют из бетона, кирпича, дерева и т. п.

Для улучшения звукоизоляции ограждения без увеличения их веса в строительной практике применяют двойные ограждения, соединенные

упругими связями. Такие ограждения целесообразно применять тогда, когда частота их собственных колебаний лежит ниже 100 Гц, а стенки имеют различные жесткости при изгибе.

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

Экранирование источников шума или рабочих мест осуществляют по нескольким схемам.

Защитные свойства экрана возникают из-за того, что при огибании прямой звуковой волной кромок экрана за ним образуется зона звуковой тени тем большей протяженности, чем меньше длина волны (выше частота звука). Так как экран защищает только от прямой звуковой волны, его применение эффективно только в области превалирования прямого шума над отраженным. Поэтому экраны надо устанавливать между источником шума и рабочим местом, если они расположены недалеко друг от друга. Звуковые экраны широко применяют не только на производстве, но и в окружающей среде, например для защиты от шума транспортных потоков.

Описание исследовательского стенда

Исследовательский стенд имеет вид макета помещений ЗС, одно из которых имитирует фильтровентиляционное помещение участок, а второе – помещение для укрываемых (рисунок 9.1).

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

В левой камере (2) размещены макеты фильтровентиляционного оборудования.

В правой камере (4) размещены макеты помещения для укрываемых. На подставке установлен микрофон (5) из комплекта ВШВ-003.

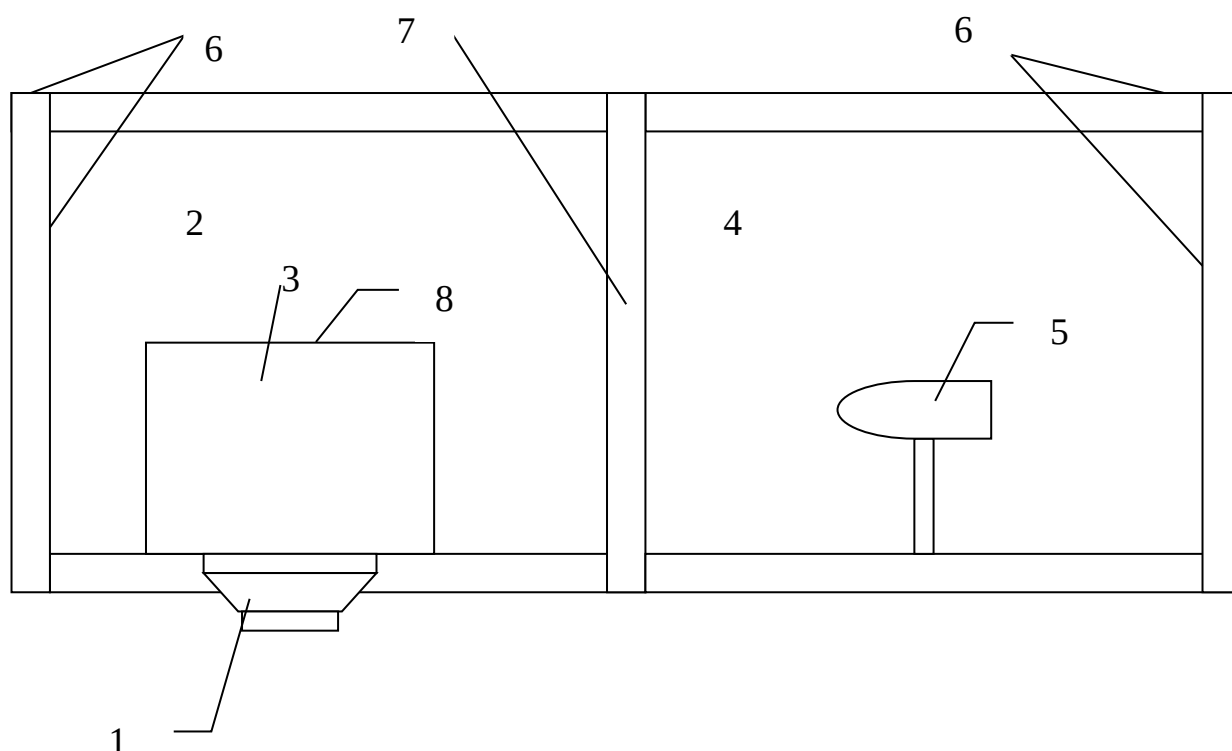


Рисунок 9.1 – Схема лабораторного стенда

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

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

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

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

Для возбуждения громкоговорителя используется функциональный генератор типа ГФ-1.

Все измерения проводят с помощью шумомера ВШВ-003.

Расчет акустической облицовки помещения производят по эквивалентной площади звукопоглощения в следующей последовательности.

Определяют эквивалентную площадь звукопоглощения помещения в каждой среднегеометрической октавной полосе частот до акустической обработки помещения

$$A_1 = \sum \alpha_{огр} * F_{огр}, \quad (9.12)$$

где A_1 – эквивалентная площадь звукопоглощения помещения на каждой октавной полосе до акустической обработки, м² ;

$F_{огр}$ – площадь поверхности помещения, м²;

$\alpha_{огр}$ – коэффициент звукопоглощения материала i -го ограждения.

Рассчитывают эквивалентную площадь звукопоглощения на каждой октавной полосе после акустической обработки помещения

$$A_2 = \sum \alpha_{огр} * F_{огр} + \sum \alpha_{необл} * F_{необл}, \quad (9.13)$$

где A_2 – эквивалентная площадь звукопоглощения помещения на каждой октавной полосе после акустической обработки, м² ;

$F_{необл}$ – необлицованная площадь i – го ограждения помещения, м²;

$\alpha_{необл}$ – коэффициент звукопоглощения необлицованного i -го ограждения помещения;

Находят ожидаемую величину снижения шума в помещении на каждой октавной полосе

$$L = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \quad (9.14)$$

Пример

Произвести расчет эффективности звукопоглощающих облицовок помещения производственного назначения с внутренними источниками шума. Размеры помещения 6х 12 х 6 м. Поверхности помещения выполнены из кирпича с коэффициентом звукопоглощения 0,01. Облицовку провести материалом со средним коэффициентом звукопоглощения 0,5. Уровни звукового давления в помещении 63,70,72,74,76,80,82,80 дБ.

Нормируемые величины уровней звукового давления на стандартных среднегеометрических октавных полосах составляют: 99, 92, 86, 83, 80, 78, 76, 74 дБ.

Последовательность решения

Требуемое снижение уровня звукового давления определено по формуле

$$L_{тр} = L_{факт} - L_{норм}, \quad (9.15)$$

где $L_{тр}$ – требуемое снижение уровня звукового давления, дБ;

$L_{факт}$ – фактический уровень звукового давления, дБ;

$L_{норм}$ – нормативный уровень звукового давления, дБ.

Расчет на частоте 1000 Гц

$$L_{тр} = L_{факт} - L_{норм} = 76 - 80 = -4 \text{ дБ}$$

Результаты расчетов на остальных октавных полосах сведены в таблицу 9.1.

Эквивалентная площадь звукопоглощения помещения в каждой среднегеометрической октавной полосе частот до акустической обработки помещения определена по формуле (2.12) и приведена в таблице 2.1.

Эквивалентная площадь звукопоглощения на каждой октавной полосе после акустической обработки помещения определена по формуле (9.13) и приведена в таблице 9.1.

Ожидаемая величина снижения шума в помещении на каждой октавной полосе найдена по формуле (2.14) и приведена в таблице 2.1.

В качестве звукопоглощающего материала выбран материал с коэффициентом звукопоглощения на всех октавных полосах 0,5.

Общая площадь стен помещения, выполненных из кирпича 216 м², пола (кирпич) – 72 м², потолка (кирпич) – 72 м².

Таблица 9.1

Величина	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{факт}$	63	70	72	74	76	80	82	80
$L_{норм}$	99	92	86	83	80	78	76	74
$L_{тр}$	-36	-22	-6	-9	-4	2	6	6
$a_{кирп}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$A_1 = \sum a_{огр} * F_{огр}$ ($F_{огр} = 360 \text{ м}^2$)	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
$a_{обл}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
$A_2 = \sum (a_{обл} * F_{обл}) + \sum (a_{необл} * F_{необл})$ ($F_{обл} = 72 \text{ м}^2, F_{необл} = 216 \text{ м}^2$)	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16	36 + 2,16 = 38,16
$L_{сниж} = 10 \lg A_2/A_1$	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25	10,25
$L_{обр}$	52,75	59,75	61,75	63,75	65,75	69,75	71,75	69,75

Анализ расчетных данных показывает, что облицовка позволяет снизить УЗД на всех частотах до значений не превышающих нормативы.

Задания

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

Нарисовать план помещения для укрываемых и нанести на него сетку в масштабе 1 : 100 (исходные данные взять из занятия №5).

В каждом квадрате указать точку замера уровня шума. Произвести замеры на уровне уха человека среднего роста ($\approx 1,6$ м). В каждой точке сделать три замера.

Данные занести в протокол замеров (таблица 9.2).

Таблица 2.2 – Протокол замеров

Точки замера	Уровень звука, дБа		
	1	2	3

Нарисовать шумовую карту ЗС, соединив на плане помещения плавной линией точки с одинаковым уровнем звука.

Разработать предложения по снижению уровня шума. Предпочтение следует отдать тем из них, на реализацию которых потребуются минимальные затраты средств и времени.

При несоответствии уровня шума нормативным требованиям (нормативный уровень шума 60 дБа), произвести исследования и расчет средств звукоизоляции и звукопоглощающих облицовок для его снижения.

Для чего:

Подключить стенд к электросети. С помощью тумблеров включить освещение внутри стенда.

Снять со стенда все средства звукоизоляции и звукопоглощения (звукопоглощающий кожух, звукоизолирующие перегородки, звукоизолирующий кожух).

Установить микрофон из комплекта ВШВ-003 на подставке в правой камере стенда.

Подключить к стенду генератор сигналов ГФ-1. Установить такую амплитуду синусоидального сигнала, при которой уровень звукового

давления на частоте 250 Гц, измеренный шумомером ВШВ-003, находился бы в пределах от 90 до 100 дБ.

С помощью шумомера ВШВ-003 измерить уровень звукового давления L_i на частотах 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Результаты измерений занести в таблицу 9.2.

Установить звукоизолирующую перегородку. Повторить измерения уровня звукового давления $L_{з.и}$ на тех же частотах. Результаты измерений занести в таблицу 9.3.

Таблица 9.3 – Результаты измерений

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

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

Сравнить результаты замеров уровней звукового давления (таблица 9.3) с допустимыми значениями $L_{доп}$ по СН 3223 – 85 (таблица Приложения А) в виде графической интерпретации результатов (рисунок 2.3)

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

Рисунок 9.3 – Уровни звукового давления

Вычислить эффективность $\mathcal{E}$ звукоизолирующей перегородки

$$\mathcal{E} = \frac{L_I - L_{3.и}}{L_I} 100\%.$$

Построить графическую интерпретацию зависимости эффективности звукоизолирующей перегородки от частоты (рисунок 2.4)

$\mathcal{E}, \%$							
100							
90							
80							
70							
60							
50							
40							
30							
20							
10							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000 f, Гц

Рисунок 9.4 – Эффективность установки звукоизолирующей перегородки

Произвести расчет акустической облицовки помещения с использованием эквивалентной площади

Результаты оформить в виде таблицы (таблица 9.1).

7. Защита выполненной работы.

4. Вопросы к лабораторной работе

1. Что является основным источником шума в убежище?
2. Что такое звук?
3. Что такое шум?
4. Что такое скорость звука?
5. Что такое звуковое давление?
6. Что такое интенсивность звука?
7. Что такое предельно допустимый уровень шума?

8. Что такое допустимый уровень шума?
9. Какова величина допустимого уровня шума в убежищах?
10. Принцип действия шумомера.
11. Что такое звукоизоляция?
12. Принцип расчета акустической облицовки.

Рекомендуемая литература

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица

Конструкция	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стены и перегородки								
кирпичная кладка, оштукатуренная с двух сторон, 125 мм	30	36	37	40	46	54	57	59
то же, 255 мм	34	41	45	48	56	65	69	72
то же, 360 мм	36	44	43	49	57	66	70	72
шлакоблок, оштукатур. с двух сторон, 12 мм	0	27	33	40	50	57	56	59
стеклоблок, 200 мм	25	30	35	40	49	49	43	45
Панели								
древесноволокнистая плита, 25 мм	0	0	2	6	6	8	8	10
древесностружечная плита, 19 мм	14	17	18	25	30	26	32	38
фанерный лист, 6 мм	6	9	13	16	21	27	29	33
Двери								
дверь фанерная с деревянной обрешеткой между слоями фанеры, 43 мм	9	12	13	14	16	18	24	36
дверь из сплошного твердого дерева, 43 мм	13	17	21	26	29	31	34	32

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ по дисциплине
«Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности»
для студентов направления подготовки 20.04.01 Техносферная
безопасность
направленность (профиль) Промышленная и пожарная безопасность
Учебный план 2026 года
Изучается во 2- 3 семестрах

Ставрополь

2026

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» составлены в соответствии со стандартом направления 20.04.01 «Техносферная безопасность».

В них изложены основные теоретические аспекты, необходимые для выполнения практических работ по расчету и проектированию систем обеспечения безопасности, приведены примеры расчета, порядок выполнения работ, вопросы для контроля знаний, основная и дополнительная литература.

Составитель: Е. Р. Абдулина, к. т. н., доцент.

Оглавление

Практическое занятие №1	
Расчет защитного заземления	125
Практическое занятие №2	
Расчет зануления на отключающую способность.....	134
Практическое занятие №3-4	
Расчет средств защиты от электромагнитных излучений	142
Практическое занятие №5	
Расчет виброизоляции	165
Практическое занятие №6	
Оценка производственного шума и методов борьбы с ним. Расчет средств звукопоглощения.....	179
Практическое занятие №7	
Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности и разработка мер защиты.....	194
Практическое занятие №8	
Расчет молниезащиты.....	201
Практическое занятие №9	
Оценка состояния зданий, технологического оборудования после аварий со взрывом. Оценка производственных возможностей предприятия после аварии.....	208
Список использованных источников.....	230

Практическое занятие №1

Расчет защитного заземления

1. Теоретическая часть

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Цель защитного заземления – снизить до безопасной величины напряжение относительно земли на металлических частях оборудования, нормально не находящихся под напряжением. В результате замыкания на корпус заземленного оборудования снижается напряжение прикосновения и, как следствие, ток проходящий через человека, при прикосновении к корпусам.

Заземляющее устройство бывает выносным и контурным. Выносное заземляющее устройство применяют при малых токах замыкания на землю, а контурное – при больших.

Согласно Правила устройства электроустановок (ПУЭ) заземление установок необходимо выполнять:

- при напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках;
- при напряжении выше 42 В , но ниже 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках;
- во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях.

Для заземляющих устройств в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители:

- водопроводные трубы, проложенные в земле;
- металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей;
- металлические оболочки кабелей (кроме алюминиевых);

- обсадные трубы артезианских скважин.

Запрещается в качестве заземлителей использовать трубопроводы с горючими жидкостями и газами, трубы теплотрасс.

Естественные заземлители должны иметь присоединение к заземляющей сети не менее чем в двух разных местах.

В качестве искусственных заземлителей применяют:

- стальные трубы с толщиной стенок 3,5 мм, длиной 2 – 3 м;
- полосовую сталь толщиной не менее 4 мм;
- угловую сталь толщиной не менее 4 мм;
- прутковую сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м и более.

В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя. При этом в основном применяется способ коэффициента использования (когда земля считается однородной) и реже – способ наведенных потенциалов (когда земля принимается двухслойной).

Порядок расчета защитного заземления

1. Уточняют исходные данные: тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, план электроустановки с указанием всех основных размеров оборудования, формы и размеры электродов заземляющего устройства, удельное сопротивление грунта, характеристика климатической зоны, данные об естественных заземлителях, расчетный ток замыкания на землю.

2. Определяют допустимое сопротивление растеканию заземляющего устройства $R_{\text{доп}}$ по таблице 1.

3. Определяют расчетное удельное сопротивление грунта, в зависимости от вида грунта с учетом коэффициента ψ .

$$\rho_{\text{расч}} = \psi \cdot \rho, \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта при влажности 10 – 20 %, Ом*м (таблица 2);

ψ – коэффициент сезонности (таблица 3).

Таблица 1 – Допустимые сопротивления защитных заземлителей в электрических установках

Характеристика установок	Допустимое сопротивление заземлителей $R_{\text{доп}}$, Ом
Установки напряжением выше 1000 В. Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ($I_3 > 500$ А)	$R_3 \leq 0,5$
Заземляющее устройство одновременно используется для установок напряжением до и выше 1000 В ($I_3 < 500$ А)	$R_3 = 125 / I_3 \leq 4$
Заземляющее устройство используется только для установок выше 1000 В и током замыкания на землю $I_3 < 500$ А	$R_3 = 250 / I_3 \leq 10$
Электроустановки напряжением 660/380 В	$R_3 \leq 2$
Электроустановки напряжением 380 / 220 В	$R_3 \leq 4$
Электроустановки напряжением 220/170 В	$R_3 \leq 8$

Таблица 2 – Значения удельного сопротивления грунта ρ в зависимости от вида грунта

Вид грунта	Удельное сопротивление грунта при влажности 10-20%, Ом*м
Торф	20
Глина	40
Садовая земля	20
Суглинок	100
Чернозем	200
Супесь	300
Песок	700
Известняк, мергель	1000 – 2000
Скальный грунт	2000 – 4000

Примерное распределение республик и областей РФ по климатическим зонам:

I зона: Карелия севернее Петрозаводска, республика Коми, Архангельская и Кировская области, Заволжье восточнее Казани и Самары, Урал. Омская. Новосибирская, Иркутская и Читинская области, южные районы Тюменской области. Хабаровского и Красноярского краев, Приморская и Сахалинская области.

II зона: Ленинградская область, южная часть Карелии, Вологодская область, центральные районы РФ до Волгоградской области.

III зона: Псковская, Новгородская, Смоленская, Брянская, Курская,

Ростовская области.

IV зона: Краснодарский и Ставропольский края, Астраханская области.

Таблица 3 – Значения коэффициента сезонности в зависимости от климатической зоны

Значение коэффициента сезонности, ψ	Климатические зоны РФ			
	I	II	III	IV
для вертикальных электродов при глубине заложения их вершины 0,5 – 0,7 м	1,8 – 2	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
для вертикальных электродов при глубине заложения их вершины 0,8 – 1,0 м	1,35	1,25	1,15	1,1
для горизонтальных протяженных электродов	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0

4. Определяют сопротивление, Ом, растеканию одного вертикального заземлителя – стержневого круглого сечения в земле (рисунок 1)

$$R_B = \frac{\rho_{расчB}}{2 \cdot \pi \cdot l_B} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right), \quad (2)$$

где $\rho_{расчB}$ – расчетное удельное сопротивление грунта для вертикальных электродов, Ом*м,

l_B – длина вертикального заземлителя, м;

d – наружный диаметр заземлителя, м;

t – расстояние от середины заземлителя до поверхности грунта, м, определяется по формуле

$$t = t_0 + \frac{l}{2} \quad (3)$$

t_0 – расстояние от поверхности грунта до заглубленного заземлителя.

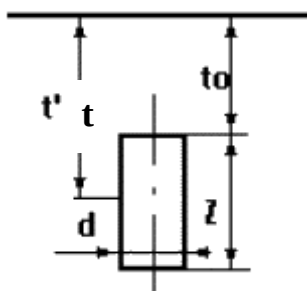


Рисунок 1 – Расположение вертикального заземлителя в земле

5. Определяют расчетное сопротивление растеканию горизонтального электрода

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{расч_{\Gamma}}}{2 \cdot \pi \cdot L_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{L_{\Gamma}^2}{0,5 \cdot B \cdot t}, \quad (4)$$

где $\rho_{расч_{\Gamma}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта для горизонтальных электродов, Ом*м,

L_{Γ} – длина полосы, м;

B – ширина полосы, м.

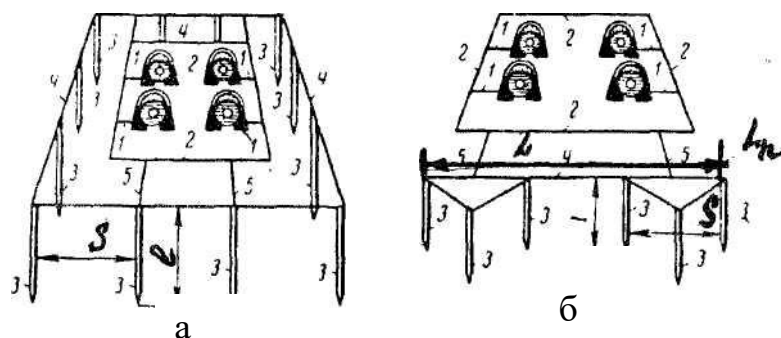
6. Установив характер расположения заземлителей в ряд или контуром (рисунок 2), определяют ориентировочное число вертикальных заземлителей

$$n' = \frac{R_B}{R_{доп}}, \quad (5)$$

R_B – сопротивление вертикального заземлителя, Ом;

$R_{доп}$ – допустимое сопротивление заземления, Ом (таблица 1).

7. Задаемся расстоянием между вертикальными заземлителями: отношение расстояния между вертикальными заземлителями к их длине $S/l = 1$, $S/l = 2$, $S/l = 3$. По отношению S/l и n' (таблицы 4 и 5) определяют коэффициенты использования вертикальных η_B и горизонтальных η_{Γ} заземлителей таблицы 4 и 5.



а – расположение стержней по контуру; б – расположение стержней в ряд;
1 – электродвигатели (объекты заземления); 2 – заземляющие шины внутреннего контура; 3 – заземлители; 4 – соединяющие шины; 5 – соединительные провода; S – расстояние между стержнями; l – длина стержня

Рисунок 2 – Виды защитного заземления

Таблица 4 – Коэффициент использования горизонтальных заземлителей

Отношение расстояния между стержнями к их длине S/l	Число вертикальных электродов заземлителя									
	2	4	6	8	10	20	30	40	50	60
При расположении полосы в ряду стержней										
1	0,85	0,77	0,72	0,67	0,62	0,42	0,31	0,26	0,21	-
2	0,94	0,89	0,84	0,79	0,75	0,56	0,46	0,31	0,36	-
3	0,96	0,92	0,88	0,86	0,82	0,68	0,56	0,52	0,49	-
При расположении полосы по контуру стержней										
1	-	0,45		0,36	0,34	0,27	0,24	0,22	0,21	0,2
2	-	0,56		0,43	0,40	0,32	0,30	0,29	0,28	0,27
3	-	0,70		0,60	0,56	0,45	0,41	0,39	0,37	0,36

8. Уточняем число вертикальных заземлителей

$$n = n' \cdot \eta_B, \quad (6)$$

где η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Таблица 5 – Коэффициент использования вертикальных заземлителей

Отношение расстояния между стержнями к их длине S/l	При размещении стержней в ряд		При расположении стержней по контуру	
	Ориентировочное число стержней n'	η_B	Ориентировочное число стержней n'	η_B
1	2	0,84	4	0,66
	3	0,76	6	0,58
	5	0,67	10	0,52
	10	0,56	20	0,44
	15	0,51	40	0,38
	20	0,47	60	0,36
2	2	0,9	4	0,76
	3	0,85	6	0,75
	5	0,79	10	0,66
	10	0,72	20	0,61
	15	0,66	40	0,55
	20	0,65	60	0,52
3	2	0,93	4	0,84

3	0,9	6	0,78
5	0,85	10	0,74
10	0,79	20	0,68
15	0,76	40	0,64
20	0,74	60	0,62

9. Определяют сопротивление растеканию тока группового заземлителя

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_\Gamma + R_\Gamma \cdot \eta_B \cdot n} . \quad (7)$$

10. Если выполняется условие, что

$$R < R_{\text{доп}}, \quad (8)$$

то расчет выполнен правильно. Если же условие не выполняется, то необходимо увеличить число вертикальных заземлителей или же изменить вид защитного заземления.

2. Задания

Электрооборудование подключено к сети с изолированной нейтралью с напряжением U В. Рассчитать заземление, необходимое для защиты от поражения электрическим током при работе с данным оборудованием. Для решения задачи имеются следующие данные:

1. Климатическая зона;
2. Вид грунта;
3. Размеры электродов (диаметр, длина);
4. Заглубление – t_0 ;
5. Длина L и ширина B соединительной полосы;
6. Расстояние между вертикальными заземлителями и характер расположения заземлителей принять самостоятельно
7. Варианты исходных данных приведены в таблице 2.

Таблица 6 – Варианты исходных данных

Вариант	Вид грунта	Климатическая зона	d , мм	l_B , м	L_Γ , м	t_0 , м	B , мм	U , В
1	Глина	I	35	2	20	0,5	40	$>1000B$ $I_3 > 500$

2	Торф	II	11	2,5	25	0,6	50	660/380
3	Чернозем	III	29	3	30	0,7	50	380/220
4	Супесь	IV	13	3,5	35	0,8	20	220/170
5	Песок	I	25	4	40	0,9	50	>1000В I _з >500
6	Известняк	II	29	4,5	45	1,0	60	660/380
7	Скала	III	50	5	50	0,5	20	380/220
8	Садовая земля	IV	17	2	55	0,6	30	220/170
9	Чернозем	I	64	2,5	60	0,7	40	>1000В I _з >500
10	Торф	II	19	3	28	0,8	40	660/380
11	Песок	III	20	3,5	36	0,9	50	380/220
12	Известняк	IV	12	4	49	1,0	50	220/170
13	Скала	I	15	4,5	20	0,5	20	>1000В I _з >500
14	Глина	II	24	5	30	0,6	50	660/380
15	Супесь	III	20	2,8	45	0,7	60	380/220
16	Песок	IV	21	3	35	0,8	20	220/170
17	Чернозем	I	22	3,5	50	0,9	30	>1000В I _з >500
18	Супесь	II	25	4	25	1,0	40	660/380
19	Известняк	III	30	4,3	40	0,5	30	380/220

3. Вопросы к практическому занятию

1. Дайте определение защитного заземления. Зачем оно необходимо?
2. Назовите виды заземляющих устройств.
3. Когда необходимо выполнять защитное заземление в электроустановках?
4. Какие типы заземлителей вы знаете.
5. Как располагают заземлители при выполнении устройства защитного заземления?
2. Каким образом проводится расчет защитного заземления. Порядок расчета.

Практическое занятие № 2

Расчет зануления на отключающую способность

Цель работы – приобретение практических навыков в выборе параметров электрической сети и самостоятельном решении инженерной задачи расчета зануления на отключающую способность.

1. Теоретическая часть

Зануление предназначено для защиты человека от поражения электрическим током при замыкании фазы на корпус электрооборудования.

Конструктивно зануление представляет собой преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником нетоковедущих частей электроустановки, которые могут оказаться под напряжением.

Принципиальная схема зануления в сети трехфазного тока до 1000В представлена на рисунке 2.1. Обозначения, принятые на рисунке 2.1.

- 1 корпус электроустановки;
- 2 аппараты защиты от токов короткого замыкания (КЗ)
(предохранители, автоматические выключатели и т.п.);
- Φ фазный провод;
- N нулевой защитный проводник;
- 3
- R_o сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;
- R_n сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;
- I_k ток КЗ;
- I_n часть тока КЗ, протекающая через нулевой защитный проводник;
- I_z часть тока КЗ, протекающая через землю.

расцепителем;

$k = 1.4$ при защите автоматическими выключателями с электромагнитными расцепителями с номинальным током $I_n < 100\text{A}$;

$k = 1.25$ при защите автоматическими выключателями с электромагнитными расцепителями и номинальным током $I_n > 100\text{A}$.

Кроме того, заземление корпусов через нулевой защитный проводник снижает в аварийный период их напряжение относительно земли.

Таким образом, зануление осуществляет два защитных действия – быстрое автоматическое отключение поврежденной установки от питающей сети и снижение напряжения зануленных металлических нетоковедущих частей, оказавшихся под напряжением, относительно земли.

Область применения зануления – трехфазные, четырехпроводные сети до 1000В с глухозаземленной нейтралью источника тока, в том числе, наиболее распространенные сети 380/220В, а также, сети 220/127В и 660/380В [1].

Из рис.2.1 видно, что для схемы зануления необходимы нулевой защитный проводник ($NЗ$), глухое заземление нейтрали (R_o), повторное заземление нулевого защитного проводника (R_n).

Назначение нулевого защитного проводника в схеме зануления – обеспечить необходимое для отключения установки значение тока однофазного короткого замыкания (I_k) путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением. С этой целью подбирается нулевой защитный проводник с соответствующей проводимостью: проводимость нулевого защитного проводника должна составлять не менее 50% от полной проводимости фазного проводника:

$$\frac{1}{Z_{нз}} \geq 0.5 \cdot \frac{1}{Z_{\phi}} \quad (2.2)$$

где $Z_{нз}, Z_{ф}$ — полное сопротивление нулевого защитного и фазного проводников, Ом.

Назначение заземления нейтрали обмоток источника тока, питающего сеть до 1000В — снижение напряжения зануленных корпусов (а, следовательно, нулевого защитного проводника) относительно земли до безопасного значения при замыкании фазы на землю.

Назначение повторного заземления нулевого защитного проводника — снижение напряжения относительно земли зануленных корпусов в период замыкания фазы на корпус как при исправной схеме зануления, так и в случае обрыва нулевого защитного проводника.

Полный расчет зануления имеет целью - определить условия, при которых оно выполняет возложенные на него задачи — быстро отключает поврежденную установку от сети и, в то же время, обеспечивает безопасность прикосновения человека к зануленному корпусу в аварийный период. В соответствии с этим, зануление рассчитывают на отключающую способность, а также, на безопасность прикосновения к корпусу при замыкании фазы на землю (расчет заземления нейтрали) и на корпус (расчет повторного заземления нулевого защитного проводника).

Задачей данной работы является расчет зануления на отключающую способность.

Методика расчета зануления на отключающую способность

Цель расчета — определение такого сечения нулевого защитного проводника, при котором ток короткого замыкания (I_k) в заданное число раз (k) превзойдет номинальный ток аппарата защиты ($I_{ном.за}$), что обеспечит селективное отключение поврежденного потребителя в заданное короткое время.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

по номинальному току (мощности) зануляемой электроустановки определить и выбрать сечения фазного и нулевого защитного проводников, обеспечивающие необходимую проводимость петли фаза-ноль;

выбрать тип и параметры защитного аппарата, обеспечивающие быстрое и надежное отключение поврежденного участка электрической сети при замыкании фазы на зануленный корпус электроустановки.

Схема сети к расчету зануления на отключающую способность приведена на рис.2.2 , где:

- Тр Трансформатор;
 РЩ Распределительный щит;
 -1
 РЩ Распределительный щит, питающий осветительную нагрузку;
 -2
 АВ Автоматический выключатель;
 ЭД- Электродвигатели
 1,
 ЭД-
 2
 ПР Предохранитель;
 1 Питающий магистральный кабель;
 2 Кабель-ответвление к электродвигателю;
 3 Линия, питающая осветительный щит РЩ-2;
 4 Нулевой защитный проводник.

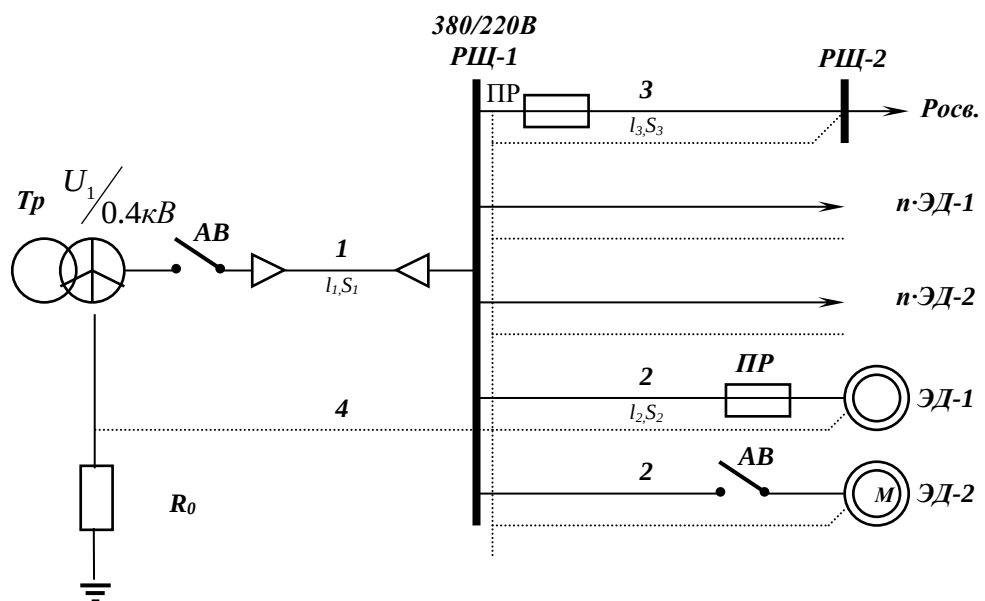


Рисунок 2.2 - Схема сети к расчету зануления на отключающую способность.

Для обеспечения надежного отключения поврежденного электроприемника в минимальное время, необходимо выполнение двух условий – 2.1 и 2.2:

$$I_k \geq k \cdot I_{ном.з.а.}$$

$$\frac{1}{Z_{нз}} \geq 0.5 \cdot \frac{1}{Z_{\phi}} \quad \text{или} \quad Z_{нз} \leq 2 \cdot Z_{\phi}$$

Расчет выполняется исходя из условия (2.2) и проверяется на выполнение условия (2.1).

Расчет величины тока короткого замыкания (I_k).

Значение I_k зависит от фазного напряжения сети U_{ϕ} и сопротивлений цепи, в том числе, от полных сопротивлений трансформатора Z_T и петли (контура) фазный проводник – нулевой защитный проводник (петли фаза – нуль, Z_{Π}) и может быть рассчитано по формуле для вычисления действительного значения (модуля) тока короткого замыкания:

$$I_k = \frac{U_{\phi}}{Z_T / 3 + Z_n}, A \quad (2.3)$$

Значение Z_T зависит от мощности трансформатора, напряжения и схемы соединения его обмоток, а также от конструктивного исполнения трансформатора. Последовательность определения Z_T .

Полное сопротивление петли фаза-нуль Z_{Π} в действительной форме (по модулю) равно :

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_{нз})^2 + X_n^2}, \text{ Ом} \quad (2.4)$$

где $R_{\phi}, R_{нз}$ - активное сопротивление соответственно фазного и нулевого защитного проводников, Ом. Определение $R_{\phi}, R_{нз}$ приведено в 2.5.8;

X_{Π} - индуктивное сопротивление петли фаза-нуль.

Индуктивное сопротивление петли фаза-нуль X_{Π} определяется выражением:

$$X_{\Pi} = X_{\phi} + X_{нз} + X_{вз} \quad (2.5)$$

где $X_{\phi}, X_{нз}$ - индуктивные сопротивления соответственно фазного и нулевого защитных проводников;

$X_{вз}$ - внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль (сопротивление взаимной индукции между фазным и нулевым проводами).

Для медных и алюминиевых проводников $X_{\phi}, X_{нз}$ сравнительно малы (около 0,0156 Ом/км), поэтому ими можно пренебречь.

Внешнее индуктивное сопротивление $X_{вз}$ зависит от расстояния между проводами (D) и их диаметра (d). Поскольку d изменяется в незначительных пределах, влияние его также незначительно. Следовательно, $X_{вз}$ зависит в основном от D (с увеличением расстояния растет сопротивление). Поэтому в целях уменьшения внешнего индуктивного сопротивления петли фаза-нуль нулевые защитные проводники прокладываются совместно с фазными или в непосредственной близости от

них. При малых значениях D , соизмеримых с диаметром проводов d , т.е. когда фазный и нулевой проводники расположены в непосредственной близости один от другого, сопротивление $X_{вз}$ незначительно (не более 0.1 Ом/км) и им можно пренебречь.

Тогда расчетная формула (2.3) принимает вид:

$$I_k = \frac{U_\phi}{Z_T / 3 + R_\phi + R_{нз}}, A \quad (2.6)$$

Для выбора аппарата защиты определяют величину номинального тока плавкой вставки $I_{ном.вст.}$, исходя из максимального рабочего тока в цепи $I_{мах}$ с учетом пускового тока электродвигателя $I_{пуск.}$. Последовательность определения $I_{ном.вст.}$ и выбора аппарата защиты приведена ниже

Проверка надежности отключения поврежденного электроаппарата.

Если значения расчетного тока короткого замыкания IK и номинального тока выбранного аппарата защиты $I_{ном.з.а.}$ удовлетворяют условию (1): $IK \geq I_{ном.з.а.}$, нулевой защитный проводник выбран правильно, т.е. отключающая способность системы обеспечена.

Таким образом, расчет зануления на отключающую способность является поверочным расчетом правильности выбора проводимости нулевого защитного проводника, а точнее, достаточности проводимости петли фаза-нуль.

Алгоритм расчета

Сформулировать цель расчета и решаемые при этом задачи

Привести исходные данные для расчета варианта, заданного преподавателем.

Привести схему к расчету, соответствующую исходным данным, и указать участок цепи, выбранный для расчета

Определить полное сопротивление трансформатора Z_T .

Тип трансформатора, напряжение на обмотках трансформатора (U_1 / U_2) и схема соединения его обмоток приведены в задании для расчета зануления

Определить мощность трансформатора $S_{тр.}$ по формуле

$$S_{тр} = \frac{K_c \sum_1^n P_{эд-1}}{\cos \phi} + \frac{K_c \sum_1^n P_{эд-2}}{\cos \phi} + \frac{P_{осв}}{\cos \phi}, Ом \quad (2.7)$$

где: $P_{эд-1}$, $P_{эд-2}$ - номинальные мощности электродвигателей ЭД-1 и ЭД-2, кВт ;
 $P_{осв}$ - осветительная нагрузка, кВт;
 $\cos \varphi$ - коэффициент мощности соответствующей электроустановки
 K_c - коэффициент спроса, определяемый по формуле:

$$K_c = \frac{0.75 K_3}{\eta_d} \quad (2.8)$$

где: K_3 - коэффициент загрузки электродвигателя
 η_d - к.п.д. электродвигателей

Рассчитанное значение мощности трансформатора $S_{тр}$ округлить до ближайшего стандартного и выбрать расчетное сопротивление трансформатора Z_T

2.5.5. Выбрать аппарат защиты в цепи электродвигателя.

Номинальный ток защитного аппарата (плавкой вставки предохранителя или ток срабатывания расцепителя автоматического выключателя) $I_{вст.}$ определяется из условия:

$$I_{вст.} \geq I_{max} \quad (2.9)$$

где: I_{max} - максимальный рабочий ток в цепи, А.

Максимальный рабочий ток цепи определяется по формуле;

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} U_{ном} \cos \varphi} \quad (2.10)$$

где: $P_{ном.}$ - номинальная мощность нагрузки, присоединенной к линии, кВт
 $U_{ном.}$ - номинальное напряжение, В;
 $\cos \varphi$ - коэффициент мощности нагрузки (ЭД1 или ЭД2).

При выборе плавких вставок в цепях электродвигателей учитывают их пусковые токи $I_{пуск.}$:

$$I_{вст} \geq \frac{I_{пуск}}{2.5} \quad (2.11)$$

$$\frac{I_{пуск}}{I_{ном.}} = K_{п} \quad (2.12)$$

где: $I_{ном.} = I_{max}$ - рабочий ток в цепи, А.
 $K_{п}$ - коэффициент пуска, приведенный в характеристике электродвигателя

Плавкую вставку выбирают по наибольшему из токов $I_{вст.}$, рассчитанных по (2.9), (2.11) и (2.12).

Пользуясь данными таблиц выбрать соответствующий защитный аппарат (предохранитель, автоматический выключатель).

Выбрать сечение фазного проводника $S_{ф}$ из условия максимально допустимого нагрева:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{max}} \quad (2.13)$$

где: $I_{\text{доп}}$ - длительный допустимый из условий нагрева ток нагрузки проводника, А;
 I_{max} - максимальный рабочий ток в цепи, определяемый по формуле (2.10)

$$I_{\text{max}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}} \cos \varphi}$$

где: $P_{\text{ном}}$ - номинальная мощность нагрузки, кВт; для участка линии l_1 (рис.2.2), она равняется мощности трансформатора $S_{\text{тр}}$, определяемой по формуле (2.7), а для участка l_2 - мощности ЭД-1 или ЭД-2

Выбор сечений фазного провода для участков l_1 ($S_{\text{ф}l1}$) и l_2 ($S_{\text{ф}l2}$), соответствующих расчетным токам $I_{\text{max}l1}$ и $I_{\text{max}l2}$ производится по ПУЭ

Выбрать сечение нулевого защитного провода $S_{\text{н.з.}}$, исходя из условия (2.2), $R_{\text{н.з.}} \geq 2R_{\text{ф}}$.
 Если фазный и нулевой защитный проводники выполнены из одного металла, то

$$S_{\text{н.з.}} \geq 0.5S_{\text{ф}}. \quad (2.14)$$

если же из разных металлов, например, фазный - из меди, а нулевой защитный - из алюминия, то

$$S_{\text{н.з.}} \geq 0.8S_{\text{ф}}. \quad (2.15)$$

По ПУЭ (таблицы 1.3.4.-1.3.25) или приложению В (таблицы В.5-В.14) выбрать ближайшие стандартные значения $S_{\text{н.з.}l1}$ и $S_{\text{н.з.}l2}$, удовлетворяющие условию (2.14) или (2.15) [1-3].

Определить сопротивления фазного $R_{\text{ф}}$ и нулевого защитного $R_{\text{н.з.}}$ проводников.
 Расчетная формула для определения активного сопротивления:

$$R = \rho \frac{l}{s}, \text{ Ом} \quad (2.16)$$

где: ρ - удельное сопротивление проводника, равное для меди 0.018, а для алюминия - 0.028 Ом×мм²/м;

l - длина проводника, м;

s - сечение проводника, мм².

Значение сопротивлений $R_{\text{ф}}$ и $R_{\text{н.з.}}$ определяются как суммы сопротивлений отдельных участков цепи $l1$ и $l2$, которые характеризуются разными сечениями:

$$R_{\text{ф}} = R_{\text{ф}l1} + R_{\text{ф}l2}, \text{ Ом} \quad (2.17)$$

$$R_{\text{н.з.}} = R_{\text{н.з.}l1} + R_{\text{н.з.}l2}, \text{ Ом} \quad (2.18)$$

Рассчитать сопротивления фазного и нулевого защитного проводников на участке магистрального кабеля 1 длиной l_1 ($R_{\phi 1}$ и $R_{\phi 11}$) и на участке ответвления 2 к зануленному электродвигателю длиной l_2 ($R_{\phi 12}$ и $R_{\phi 12}$) и определить полное сопротивление фазного R_{ϕ} и нулевого защитного $R_{н.з.}$ проводников по формулам (2.16), (2.17) и (2.18) соответственно.

Определить действительное расчетное значение тока короткого замыкания I_K по формуле (2.6).

Проверить правильность выбора нулевого защитного проводника.

С этой целью сравнить значение расчетного тока короткого замыкания $I_{K.расч.}$, полученное в п.2.5.9., с величиной требуемого минимально допустимого тока однофазного короткого замыкания $I_{K. min}$, определяемой из условия (2.3): $I_{K. min} \geq K I_{ном.з.а.}$ и значения номинального тока, выбранного в п.2.5.5. защитного аппарата $I_{ном.з.а.}$.

Если значение расчетного тока однофазного короткого замыкания $I_{K.расч.}$ превышает значение наименьшего допустимого по условиям срабатывания защиты $I_{K. min}$, нулевой защитный проводник выбран правильно, т.е. отключающая способность системы зануления обеспечена.

Если $I_{K.расч.} < I_{K. min}$, т.е. условие (2.1) не выполняется делается следующее приближение: увеличивается сечение нулевого защитного проводника, выбирается другой защитный аппарат с меньшим значением номинального тока и расчет повторяется, пока условие (2.1) не будет выполнено.

Выбранные элементы схемы и их параметры обеспечивают надежное срабатывание защиты и отключение электродвигателя в случае его повреждения в заданно короткое время.

Результаты расчета представить в виде табл.2.1.

Таблица 2.1. Результаты расчета зануления на отключающую способность

Трансформатор	Защитный аппарат в цепи электродвигателя	Фазный проводник	Нулевой защитный проводник
- Тип: - Мощность $S_{тр} =$ - Полное сопротивление $Z_{тр} =$	- Вид, тип: - Номинальный ток $I_{ном} =$	1) На участке от трансформатора до распределительного щита РЩ-1 (l_1);	
		- Тип:	- Тип:
		- Сечение $S_{\phi 11} =$	- Сечение $S_{н.з.1} =$
		2) На участке от распределительного щита до электродвигателя (l_2)	
		- Тип:	- Тип:
		- Сечение $S_{\phi 12}$	- Сечение $S_{н.з.2}$

Приложение В

К расчету зануления на отключающую способность

Таблица В.1 - Задания для расчета зануления

№ п/ п	Силовая нагрузка n x P , кВт			Осветительная нагрузка		Трансформатор			Кабели			Фазовый кабель				Нулевой защитный кабель	
	ЭД –1	ЭД –2	K _з	P _{осв} кВт	cosφ	Тип	U ₁ /U ₂ , кВт	Схема соедин. Обмоток	Длина, м		Защита	Материал жилы		Изоляция		Материал	Изоляция
									L ₁	L ₂		I ₁	I ₂	I ₁	I ₂		
1	2 x 5	1 x 200	0,90	40	1,00	М	6 / 0,4	Y/ Y _н	100	10	АВ	алюм	алюм	ПХВ	ПХВ	алюм	бумаж
2	1 x 10	2 x 160	1,00	45	0,90	М	10/ 0,4	Δ/ Y _н	150	15	ПР	медь	медь	резин	резин	медь	бумаж
3	3 x 15	3 x 132	0,85	30	0,85	М	35/ 0,4	Y/ Z _н	175	20	АВ	медь	медь	резин	резин	алюм	бумаж
4	2 x 22	1 x 110	0,95	42	0,87	С	6/ 0,4	Δ/ Y _н	125	25	АВ	алюм	алюм	ПХВ	ПХВ	медь	бумаж
5	3 x 30	3 x 90	0,88	60	0,91	С	10/ 0,4	Y/ Y _н	90	30	ПР	медь	медь	бумаж	бумаж	алюм	ПХВ
6	4 x 45	1 x 75	1,00	55	0,89	С	35/ 0,4	Δ/ Y _н	85	35	АВ	медь	медь	бумаж	бумаж	медь	ПХВ
7	5 x 55	-	0,95	65	0,84	М	6/ 0,4	Y/ Z _н	80	40	АВ	алюм	медь	ПХВ	ПХВ	медь	резин
8	1 x 5	3 x 75	0,90	45	0,85	М	10/ 0,4	Y/ Y _н	130	45	ПР	медь	алюм	ПХВ	ПХВ	алюм	резин
9	3 x 10	2 x 200	0,89	40	0,87	М	35/ 0,4	Δ/ Y _н	140	50	АВ	алюм	алюм	резин	резин	алюм	бумаж
10	1 x 15	3 x 160	0,93	50	0,90	С	6/ 0,4	Δ/ Y _н	120	47	АВ	медь	медь	ПХВ	ПХВ	медь	бумаж
11	1 x 22	4 x 132	0,94	55	0,89	С	10/ 0,4	Y/ Y _н	110	43	ПР	медь	алюм	бумаж	резин	алюм	ПХВ
12	1 x 30	5 x 110	1,00	48	0,86	С	35/ 0,4	Δ/ Y _н	105	38	АВ	алюм	медь	резин	бумаж	медь	ПХВ
13	1 x 45	3 x 90	0,98	35	0,87	М	6/ 0,4	Y/ Z _н	95	27	АВ	медь	медь	бумаж	бумаж	алюм	ПХВ
14	1 x 55	1 x 75	0,87	60	0,88	М	10/ 0,4	Y/ Y _н	75	23	ПР	алюм	алюм	резин	резин	медь	ПХВ
15	2 x 200	-	0,88	65	0,89	М	35/ 0,4	Δ/ Y _н	78	18	АВ	алюм	алюм	ПХВ	ПХВ	алюм	резин
16	4 x 160	-	0,90	68	0,90	С	6/ 0,4	Δ/ Y _н	88	13	АВ	медь	медь	бумаж	бумаж	медь	резин
17	5 x 132	-	0,93	70	0,91	С	10/ 0,4	Y/ Y _н	97	12	ПР	медь	алюм	резин	резин	алюм	бумаж
18	5 x 5	3 x 10	0,91	75	0,84	С	35/ 0,4	Δ/ Y _н	115	55	АВ	алюм	медь	ПХВ	ПХВ	медь	бумаж
19	1 x 10	4 x 200	0,89	80	0,85	М	6/ 0,4	Y/ Y _н	125	60	АВ	алюм	медь	резин	резин	алюм	ПХВ
20	2 x 5	3 x 45	0,86	83	0,87	М	10/ 0,4	Δ/ Y _н	130	8	ПР	медь	алюм	бумаж	бумаж	медь	ПХВ
21	5 x 10	1 x 160	0,85	75	0,86	М	35/ 0,4	Y/ Z _н	70	14	АВ	медь	медь	ПХВ	ПХВ	медь	резин
22	5 x 15	2 x 132	0,84	45	0,90	С	10/ 0,4	Δ/ Y _н	68	16	АВ	алюм	алюм	ПХВ	ПХВ	алюм	резин
23	4 x 22	1 x 160	0,92	40	0,89	С	10/ 0,4	Y/ Y _н	65	19	ПР	медь	медь	бумаж	бумаж	медь	бумаж
24	3 x 30	3 x 5	0,90	64	0,90	М	6/ 0,4	Y/ Z _н	135	24	АВ	медь	алюм	ПХВ	ПХВ	медь	ПХВ
25	3 x 45	2 x 200	0,91	45	0,85	М	35/ 0,4	Δ/ Y _н	87	26	ПР	медь	медь	резин	резин	медь	ПХВ

n – количество двигателей; P – мощность одного двигателя

Таблица В.2 - Технические данные асинхронных электродвигателей на напряжение 380 В

Тип двигателя	Р _{ном} , кВт	При номинальной нагрузке			$k_{II} = \frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
		п, об/ мин	η, %	cos φ	
	5	2940	84,9	0,9	7
	10	2940	85	0,9	7
4A160S2Y3	15	2940	88	0,91	7
4A180S2Y3	22	2945	88,5	0,91	7,5
4A180M2Y3	30	2945	90,5	0,9	7,5
4A200L2Y3	45	750	91	0,9	7,5
AI280S8Y3	55	750	92	0,86	6
AI280M8Y3	75	1000	93	0,87	6
AI280M6Y3	95	1000	93	0,9	6,5
AI315S6Y3	110	1000	93	0,92	6
AI315M6Y3	132	1000	93,5	0,9	6,5
AI355S6Y3	160	1000	94	0,9	7
AI355M6Y3	200	1000	94,5	0,9	7

Условные обозначения:

п – частота вращения, об/ мин;

η - КПД двигателя;

cos φ – коэффициент мощности;

I_{пуск} – пусковой ток, А;

I_{ном} – номинальный ток, А;

K_{II} – кратность пускового тока.

Таблица В.3 - Приближенные расчетные полные сопротивления обмоток маслянных трансформаторов

Мощность трансформатора, кВт	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	Z _T , Ом, при схеме соединения	
		Y/ Y _H	Δ / Y _H и Y/ Z _H
25	6...10	3,110	0,906
40	6...10	1,949	0,562
63	6...10	1,237	0,360
	20...35	1,136	0,407
100	6...10	0,799	0,226
	20...35	0,764	0,327
160	6...10	0,487	0,141
	20...35	0,478	0,203
250	6...10	0,312	0,090
	20...35	0,305	0,130
400	6...10	0,195	0,056
	20...35	0,191	-
630	6...10	0,129	0,042
	20...35	0,121	-
1000	6...10	0,081	0,027
	20...35	0,077	0,032
1600	6...10	0,054	0,017
	20...35	0,051	0,020

Таблица В.4 - Расчетные полные сопротивления сухих трансформаторов при вторичном напряжении 400/ 230 В.

Мощность трансформатора, кВт	Схема соединения обмоток	$Z_T / 3$, Ом
160	Δ / Y_H	0,055
180	Y / Y_H	0,151
250	Δ / Y_H	0,0354
320	Y / Y_H	0,0847
400	Δ / Y_H	0,022
560	Y / Y_H	0,0434
630	Δ / Y_H	0,014
750	Y / Y_H	0,0364
1000	Δ / Y_H	0,009

Таблица В.5 - Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с медной жилой с бумажной пропитанной маслосканифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, не бронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВт		
	До 3	20	35
10	85/ -	-	-
16	120/ -	-	-
25	145/ -	105/ 110	-
35	170/ -	125/ 135	-
50	215/ -	155/ 165	-
70	260/ -	185/ 205	-
95	305/ -	220/ 255	-
120	330/ -	245/ 290	240/ 265
150	360/ -	270/ 330	265/ 300
185	385/ -	290/ 360	285/ 335
240	435/ -	320/ 395	315/ 380
300	460/ -	350/ 425	340/ 420
400	485/ -	370/ 450	-
500	505/ -	-	-
625	525/ -	-	-
800	550/ -	-	-

* - В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35 – 125 мм, в знаменателе – для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица В.6 - Допустимый длительный ток для одножильных кабелей с алюминиевой жилой с бумажной пропитанной маслоканифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, не бронированных, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток*, А, для кабелей напряжением, кВт		
	До 3	20	35
10	65/ -	-	-
16	90/ -	-	-
25	110/ -	80/ 85	-
35	130/ -	95/ 105	-
50	165/ -	120/ 130	-
70	200/ -	140/ 160	-
95	235/ -	170/ 195	-
120	255/ -	190/ 225	185/ 205
150	275/ -	210/ 255	205/ 230
185	295/ -	225/ 275	220/ 255
240	335/ -	245/ 305	245/ 290
300	355/ -	270/ 330	260/ 330
400	375/ -	285/ 350	-
500	390/ -	-	-
625	405/ -	-	-
800	425/ -	-	-

* - В числителе указаны токи для кабелей, расположенных в одной плоскости с расстоянием в свету 35 – 125 мм, в знаменателе – для кабелей, расположенных вплотную треугольником.

Таблица В.7 - Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных до 1 кВ	Двужильных до 1 кВ	Трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1 кВ
			До 3	6	10	
6	-	55	45	-	-	-
10	95	75	60	55	-	60
16	120	95	80	65	60	80
25	160	130	105	90	85	100
35	200	150	125	110	105	120
50	245	185	155	145	135	145
70	305	225	200	175	165	185
95	360	275	245	215	200	215
120	415	320	285	250	240	260
150	470	375	330	290	270	300
185	525	-	375	325	305	340
240	610	-	430	375	350	-
300	720	-	-	-	-	-
400	880	-	-	-	-	-
500	1020	-	-	-	-	-
625	1180	-	-	-	-	-
800	1400	-	-	-	-	-

Таблица В.8 - Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслोकанифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в воздухе

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных до 1 кВ	Двужильных до 1 кВ	Трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1 кВ
			До 3	6	10	
6	-	42	35	-	-	-
10	75	55	46	42	-	45
16	90	75	60	50	46	60
25	125	100	80	70	65	75
35	155	115	95	85	80	95
50	190	140	120	110	105	110
70	235	175	155	135	130	140
95	275	210	190	165	155	165
120	320	245	220	190	185	200
150	360	290	255	225	210	230
185	405	-	290	250	235	260
240	470	-	330	290	270	-
300	555	-	-	-	-	-
400	675	-	-	-	-	-
500	785	-	-	-	-	-
625	910	-	-	-	-	-
800	1080	-	-	-	-	-

Таблица В.9 - Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслोकанифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных до 1 кВ	Двужильных до 1 кВ	Трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1 кВ
			До 3	6	10	
6	-	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	-	380	340	310	345
240	675	-	440	390	355	-
300	770	-	-	-	-	-
400	940	-	-	-	-	-
500	1080	-	-	-	-	-
625	1170	-	-	-	-	-
800	1310	-	-	-	-	-

Таблица В.10 - Допустимый длительный ток для кабелей с медными жилами с бумажной пропитанной маслосанифольной и не стекающей массами изоляцией в свинцовой оболочке, прокладываемых в земле

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных до 1 кВ	Двужильных до 1 кВ	Трехжильных напряжением, кВ			Четырехжильных до 1 кВ
			До 3	6	10	
6	-	80	70	-	-	-
10	140	105	95	80	-	85
16	175	140	120	105	95	115
25	235	185	160	135	120	150
35	285	225	190	160	150	175
50	360	270	235	200	180	215
70	440	325	285	245	215	265
95	520	380	340	295	265	310
120	595	435	390	340	310	350
150	675	500	435	390	355	395
185	755	-	490	440	400	450
240	880	-	570	510	460	-
300	1000	-	-	-	-	-
400	1220	-	-	-	-	-
500	1400	-	-	-	-	-
625	1520	-	-	-	-	-
800	1700	-	-	-	-	-

Таблица В.11 - Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводяще й жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных	Двужильных		Трехжильных		
		При прокладке				
		В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле
2,5	23	21	34	19	29	
4	31	29	42	27	38	
6	38	38	55	32	46	
10	60	55	80	42	70	
16	75	70	105	60	90	
25	105	90	135	75	115	
35	130	105	160	90	140	
50	165	135	205	110	175	
70	210	165	245	140	210	
95	250	200	295	170	255	
120	295	230	340	200	295	
150	340	270	390	235	335	
185	390	310	440	270	385	
240	465	-	-	-	-	

Таблица В.12 - Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочках, бронированных и небронированных

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для кабелей					
	Одножильных	Двужильных		Трехжильных		
		При прокладке				
		В воздухе	В воздухе	В земле	В воздухе	В земле
1,5	23	19	33	19	27	
2,5	30	27	44	25	38	
4	41	38	55	35	49	
6	50	50	70	42	60	
10	80	70	105	55	90	
16	100	90	135	75	115	
25	140	115	175	95	150	
35	170	140	210	120	180	
50	215	175	265	145	225	
70	270	215	320	180	275	
95	325	260	385	220	330	
120	385	300	445	260	385	
150	440	350	505	305	435	
185	510	405	570	350	500	
240	605	-	-	-	-	

Таблица В.13 - Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	Открыто	В одной трубе				
		Двух одножильных	Трех одножильных	Четырех одножильных	Одного двужильного	Одного трехжильного
1	2	3	4	5	6	7
0,5	11	-	-	-	-	-
0,75	15	-	-	-	-	-
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250

Продолжение таблицы В.13

1	2	3	4	5	6	7
150	440	360	330	-	-	-
185	510	-	-	-	-	-
240	605	-	-	-	-	-
300	695	-	-	-	-	-
400	830	-	-	-	-	-

Таблица В.14 - Допустимый длительный ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	Открыто	В одной трубе				
		Двух одножильных	Трех одножильных	Четырех одножильных	Одного двухжильного	Одного трехжильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	-	-	-
185	390	-	-	-	-	-
240	465	-	-	-	-	-
300	535	-	-	-	-	-
400	645	-	-	-	-	-

Таблица В.15 - Технические параметры предохранителей

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Предельный отключающий ток, кА, при напряжении переменного тока, В			
		Предохранителя	плавкой вставки	220	380	500	660
1	2	3	4	5	6	7	8
ПН2-100	380...220	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	-	100	50	-
ПН2-250		250	80, 100, 120, 150, 200, 250	-	100	50	-
ПН2-400		400	200, 250, 300, 400	-	40	25	-
ПН2-600		600	300, 400, 500, 600	-	25	25	-

Продолжение таблицы В.15

1	2	3	4	5	6	7	8
ПП17-39	380...440	1000	500,630, 800, 1000	-	110	64	-
ПП18-33	660...440	160	50, 63, 80, 100, 125, 160	-	-	-	-
ПП18-34		250	125, 160, 200, 250	-	-	-	-
ПП18-39		630	400, 500, 630	-	-	-	-
ПП18-41		1000	630, 800, 1000	-	-	-	-
ПП18-37		400	250, 320, 400	-	-	-	-

Таблица В.16 - Технические данные автоматических выключателей серии А 3700

Тип	Число полюсов	I _{ном} , А	Пределы регул номинального тока, А	Пределы регул времени срабатывания, с	Расцепитель, уставка трогания, А
1	2	3	4	5	6
Исполнение токоограничивающее с полупроводниковыми и электромагнитными расцепителями максимального тока					
А 3713Б	2	40	20, 25, 32, 40	4, 8, 16	1600
		80	40, 50, 63, 80		
А 3714Б	3	160	80, 100, 125, 160		
А 3723Б	2	250	160, 200, 250		2500
А 3724Б	3	250	160, 200, 250		
А 3733Б	2	250	160, 200, 250		4000
А 3734Б	2, 3	400	250, 320, 400		6300
А 3744Б	3	630	400, 500, 630		
Исполнение токоограничивающее с электромагнитными расцепителями максимального тока					
А 3711Б	2	160			400, 630, 1000, 1600
А 3712Б	3				1600, 2000, 2500
А 3722Б	2	250			
А 3731Б	2	400	Полупроводникового расцепителя		2500, 3200, 4000
А 3732Б	3		и регулировок установок		
А 3741Б	2	630			4000, 5000, 6300
А 3742Б			По току и времени	нет	
А 3712Б	2	250			1600, 2000, 2500

Исполнение селективное с полупроводниковыми расцепителями максимального тока					
A 3733C	2	250	160, 200, 250	4, 8, 16	Электромаг.
A 3734C	3	250	160, 200, 250	Защиты в зоне перегрузки нет	расцепителя нет
		400	250, 320, 400		
A 3743C	2	400	250, 320, 400	4, 8, 16	То же
		630	400, 500, 630		
A 3744C	3	400	250, 320, 400	Защиты в зоне перегрузки нет	То же
		630	400, 500, 630		

Продолжение таблицы В.16

Исполнение с термобиметаллическими и электромагнитными расцепителями					
1	2	3	4	5	6
Максимального тока А	2	160	16, 20, 25, 32		630, 1600
3715Б					
A 3716Б	3		40, 50, 63, 80		
			100, 125, 160		
A 3725Б	2	250	160, 200, 250		
A 3726Б	3			Регулировки уставок по току и времени нет	
A 3735Б	2	400	250, 320, 400		4000
A 3736Б	3				
A 3745Б	2	630	400, 500, 630		6300
A 3746Б	3				

3. Вопросы к практическому занятию

1. Назначение и конструктивное исполнение зануления.
2. Принцип действия зануления.
3. Область применения зануления.
4. Требование, предъявляемое к току короткого замыкания, исходя из надежности отключения.
5. Защитные действия, осуществляемые занулением.
6. Назначение нулевого защитного проводника в схеме зануления.
7. Назначение заземления нейтрали обмоток источника тока в питающей сети.
8. Назначение повторного заземления нулевого защитного проводника.
9. Цель и содержание полного расчета зануления.

Практическое занятие №3-4

Расчет средств защиты от электромагнитных излучений

1. Теоретическая часть

Частота электромагнитного поля определяет особенности его воздействия на человека. Это вызывает необходимость нормирования ЭМП и защиты от него в различных диапазонах частот [1...3].

В данном практическом занятии рассмотрены нормирование и защита от ЭМП в следующих диапазонах частот:

№ 9 - 300...3000 МГц (длина волны 1...0,1 м);

№ 10 — 3...30 ГГц (длина волны 10... 1 см);

№ 11 — 30...300 ГГц (длина волны 1...0,1 см).

У источников ЭМП различают зоны: ближнюю (зона индукции) и дальнюю (зона излучения).

Ближняя зона реализуется на расстоянии

$$r \leq \frac{\lambda}{6} \text{ — [(ЭМП еще не сформировалось),}$$

где λ — длина волны];

дальняя зона — на расстоянии

$$r > \frac{\lambda}{6} \text{ — (ЭМП сформировалось).}$$

В этом случае обе составляющие ЭМП — электрическая и магнитная — в диапазоне 300 МГц...300 ГГц оцениваются поверхностной плотностью потока энергии (ППЭ) (интенсивностью облучения¹, Вт/м²).

Предельно допустимую плотность потока энергии ЭМП в диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала радиотехнических объектов (РТО) устанавливают, исходя из допустимого значения энергетической нагрузки на организм человека и времени его пребывания в зоне облучения. Однако во всех случаях она не должна превышать 10 Вт/м² (1000 мкВт/см²), а при наличии

рентгеновского излучения или высокой температуры воздуха в рабочих помещениях (выше 28 °С) - 1 Вт/м²(100 мкВт/см²).

Нормирование ЭМП.

Предельно допустимая плотность потока энергии ЭМП от РТО, Вт/м²(мкВт/см²),

$$ППЭ = \frac{W_N}{T}, \quad (3.1)$$

где W_N — нормированное значение допустимой энергетической нагрузки на организм человека, Вт · ч/м²(мкВт · ч/см²).

Нормированные значения допустимой энергетической нагрузки на организм человека составляют [3]:

2 Вт · ч/м² (200 мкВт · ч/см²) — для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн;

20 Вт · ч/м² (2000 мкВт · ч/см²) — для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн.

Допустимое время пребывания в зоне облучения 8 ч. В соответствии с санитарными нормами предельно допустимая плотность потока энергии ЭМП на территории жилой застройки при круглосуточном облучении не должна превышать 5 мкВт/см²[3].

При одновременном воздействии ЭМП от k источников в диапазоне 300 МГц...300 ГГц суммарная плотность потока энергии, Вт/м²(мкВт/см²),

$$ППЭ_{\Sigma} = ППЭ_1 + ППЭ_2 + ППЭ_{\lambda}. \quad (3.2)$$

где $ППЭ_1, ППЭ_2, \dots, ППЭ_{\lambda}$ — плотность потока энергии от первого, второго и λ -го источников ЭМП, Вт/м²(мкВт/см²).

Защита от электромагнитных полей.

1. Защита от ЭМП на рабочем месте может быть обеспечена защитой временем, защитой расстоянием, экранированием источника излучения, уменьшением мощности излучения, экранированием рабочего места, применением средств индивидуальной защиты (СИЗ).

2. Защита временем.

Защита временем предусматривает ограничение времени пребывания человека в рабочей зоне (в зоне облучения ЭМП).

При заданной (измеренной на рабочем месте) ППЭ максимальное время пребывания человека на рабочем месте (в зоне облучения), ч,

$$T = \frac{W_N}{ППЭ_{\Sigma}} \quad (3.3)$$

3. Защита расстоянием.

Расстояние от рабочего места до излучающей антенны РТО, м,

$$r = \sqrt{\frac{P_{cp} \sigma}{12,56 ППЭ_{\Sigma}}} \cdot 1/2. \quad (3.4)$$

где P_{cp} — средняя мощность излучения, Вт; σ — коэффициент усиления антенны.

Средняя мощность излучения

$$P_{cp} = \frac{P_{имп} \tau}{T_c} \quad (3.5)$$

где $P_{имп}$ — мощность излучения в импульсе, Вт; τ — длительность импульса, с; T_c — период следования импульсов, с.

Основной способ защиты от ЭМП в окружающей среде — защита расстоянием.

Для защиты населения от воздействия ЭМП, создаваемых РТО, устанавливают санитарно-защитные зоны. Санитарно-защитная зона — это площадь, примыкающая к технической территории РТО. Внешнюю границу этой зоны определяют на высоте 2 м от поверхности земли по предельной интенсивности излучения ЭМП, приводимой в нормах. Радиус санитарно-защитной зоны определяют по формуле (4) при условии $ППЭ_{\Sigma} = ППЭ = 5$ мкВт/см².

Защита экранированием.

Экранирование источников излучения ЭМП используют для снижения интенсивности излучения на рабочем месте или ограждения опасных зон излучения. Экраны изготавливают из металлических листов или сетки в виде

замкнутых камер, шкафов или кожухов. Экранирование рабочих мест применяют в случаях, когда невозможно осуществить экранирование аппаратуры. Толщина экрана, изготовленного из сплошного алюминия, см,

$$B = \frac{0,63 \lg \mathcal{E}}{\sqrt{f}}, (6)$$

где $\mathcal{E}$ — заданное ослабление интенсивности излучения ЭМП; — частота излучения ЭМП, Гц.

2. Задания

Задание 1. Определить допустимую плотность потока энергии ЭМП от РТО, зная тип антенны. Определить допустимое время работы на рабочем месте, если оно облучается еще двумя РТО, создающими интенсивность облучения $ППЭ_2$, и $ППЭ_3$. Все три РТО работают в диапазоне 300 МГц...300 ГГц. Определить минимальное расстояние рабочего места от РТО при работе в течение 8 ч в день с учетом заданных условий внешнего воздействия на оператора других факторов.

Определить радиус санитарно-защитной зоны для РТО, работающего в импульсном режиме с параметрами, указанными в таблице.

Определить минимальную толщину сплошного экрана из алюминия, обеспечивающего уменьшение интенсивности облучения в РТО на рабочем месте в $\mathcal{E}$ раз.

Таблица 3.1- Расчет средств от электромагнитных полей в диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц

Вариант	Характеристики радиотехнического объекта								Условия на рабочем месте				Ослабление интенсивности ЭМП
	Тип антенны			Р _{имп} , кВт	τ, мс	T _c , мс	σ	f, МГц	Интенсивность облучения. мкВт/см ²		Температура, °C	Наличие рентгеновского излучения	
									ППЭ ₂	ППЭ ₃			
01, 31, 61, 91	+			100	10	10 ²	100	300	10	3	20	+	100
02, 32, 62, 92		+		1000	10	10 ²	50	400	12	30	30		100
03, 33, 63, 93			+	800	10	10 ²	80	450	6	100	32		500
04, 34, 64, 94	+			500	10	10 ²	90	500	5	50	25	+	600
05, 35, 65, 95		+		300	10	10 ²	100	550	3	100	20	+	100
06, 36, 66, 96			+	200	10 ⁻²	10	120	600	5	50	30		120
07, 37, 67, 97	+			1000	10	10 ²	150	800	8	100	20		100
08, 38, 68, 98		+		1800	10 ⁻¹	10	50	900	6	60	25	+	600
09, 39, 69, 99			+	60	10 ⁻¹	10	40	700	3	12	30		500

10, 40, 70, 100	+			90	10^{-1}	10	30	800	10	3	32		700
11, 41, 71		+		600	10^{-1}	10^2	20	500	6	40	25	+	100
12, 42, 72			+	10	10	10^2	90	600	7	30	20	+	120
13, 43, 73	+			100	10^{-2}	10^2	25	900	5	50	24		800
14, 44, 74		+		70	10^{-2}	10^2	20	300	8	80	20		1000
15, 45, 75			+	20	10^{-2}	10^2	90	900	5	30	30		100
16, 46, 76	+			80	10^{-2}	10	50	10^4	10	3	30		600
17, 47, 77		+		100	10	10^2	80	10^3	5	50	20		100
18, 48, 78			+	120	10	10^2	50	10^4	3	100	22	+	120
19, 49, 79	+			500	10	10^2	40	800	2	12	30		800
20, 50, 80		+		200	10	10^2	30	500	3	50	25		1000
21, 51, 81			+	1000	10	10^3	60	900	4	40	30		100
22, 52,	+			800	10	10^3	40	800	5	5	25	+	100

82													
23, 53, 83		+		80	10^{-1}	10	10	900	3	30	32		120
24, 54, 84			+	100	10^{-1}	10	8	500	9	30	26		700
25, 55, 85	+			1000	10^{-2}	10^2	20	800	2	8	24	+	800
26, 56, 86		+		1600	10^{-1}	10^2	10	650	4	30	30		100
27, 57, 87			+	1100	10^{-1}	10	12	950	2	80	24		120
28, 58, 88	+			600	10^{-2}	10^2	10_0	200_0	3	3	30		800
29, 59, 89		+		50	10^{-2}	10^2	40_0	300	5	50	24	+	200
30, 60, 90			+	100	10^{-3}	10	10_0	400_0	2	40	30		1000

3. Вопросы к практической работе

3.1 На какие две зоны делится область распространения электромагнитных полей?

3.2 Как влияет электромагнитное излучение на человека?

3.3 Перечислите последствия воздействия электромагнитных полей на человека.

3.4 Какие органы наиболее подвержены электромагнитному облучению и почему?

3.5 Назовите документы для нормирования электромагнитного излучения.

3.6 Какие основные методы, способы и средства используются для защиты от электромагнитного излучения?

3.7 Какие материалы используют для экранирования от ЭМП?

4 Список рекомендуемой литературы

4.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил., - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

4.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Практическое занятие № 5

Расчет виброизоляции

Для ослабления передачи вибрации от источника к основанию широкое применение нашли виброизоляторы в виде стальных пружин, листовых рессор или упругих материалов: резины, пробки, асбеста. Для этой же цели применяются гидравлические, пневматические и комбинированные виброизоляторы, виброплощадки на воздушных подушках, различные гибкие вставки, гибкие прокладки и т.д. Стальные пружинные виброизоляторы могут быть использованы на любых частотах, резиновые – выше 12 Гц, металлорезиновые – с 6 Гц, пробковые – свыше 20 Гц.

Эффективность виброизоляции определяется коэффициентом передачи (КП), который, если пренебречь трением, может быть рассчитан по формуле

$$КП = \frac{1}{\left(\frac{f_v}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (5.1)$$

где f_v – частота возбуждающей силы; f_0 – частота собственных колебаний системы.

Из формулы видно, что чем ниже собственная частота по сравнению с частотой вынуждающей силы, тем выше эффективность виброизоляции.

При $f_v < f_0$ вынуждающая сила действует как статическая и целиком передается основанию. При $f_v = f_0$ наступает резонанс, сопровождающийся резким возрастанием уровня вибраций. В этом случае трение в системе уменьшает колебания. Так как пружинные виброизоляторы обладают малым затуханием, их часто совмещают с резиновыми прокладками и вкладышами.

При $f_v \geq \sqrt{2} f_0$ режим резонанса не осуществляется, значение КП равно единице, а при дальнейшем увеличении частоты он становится меньше единицы, передача вибрации уменьшается.

Таким образом, установка виброизоляторов дает тем больший эффект, чем больше частоты f_b и f_0 отличаются друг от друга.

Для получения положительного результата должно выполняться условие

$$\frac{f_b}{f_0} \geq \sqrt{2}.$$

Для получения значительного эффекта должно быть выдержано соотношение

$$\frac{f_b}{f_0} = 3 \dots 4.$$

Например, для ослабления общих вибраций в зоне обслуживания мощных дизелей в 100 раз ($K_P=0,01$) собственная частота колебаний компрессора, установленного на виброизоляторы, должна быть в 10 раз меньше частоты возбуждающей силы. Если частота вращения коленчатого вала ротора дизеля $n=3000$ мин⁻¹, то частота его собственных колебаний должна быть $f_0 = f_b/10 = n/60/10 = 0,5$ Гц.

Эффективность виброизоляции Э оценивается в процентах. Например,

при отношениях частот $\frac{f_b}{f_0} = 2,5$ эффективность виброизоляции составляет 81%, а при $= 3,4,5$ она будет равна соответственно 87,5; 93, 96%.

Методика расчета виброизоляции сводится к определению частоты вынуждающей силы, возникающей при работе машины или агрегата, частоты собственных колебаний системы, статической осадки виброизоляторов, коэффициента жесткости виброизоляторов.

Для поршневых машин частота вынуждающей силы определяется, Гц,

$$f_b = \frac{nmK}{60}, \quad (5.2)$$

где n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; m – число цилиндров; K – тактность двигателя (для четырехтактного $K=2$).

Для других машин, Гц,

$$f_b = \frac{Zn}{60}, \quad (5.3)$$

где Z – количество дебалансов (у виброплощадки – дебалансы, у вентилятора – лопасти).

Под влиянием массы машины, установленной на основание с большой массой, виброизоляторы получают статическую осадку $X_{ст}$. Статическая осадка является основным расчетным параметром и определяется из выражения, м,

$$X_{ст} = \frac{Q}{K_{ж} \cdot k}, \quad (5.4)$$

где Q – сила от массы машины, Н; $K_{ж}$ – коэффициент упругости или жесткости виброизолятора, Н/м; k – количество виброизоляторов.

Собственная частота свободных колебаний f_0 определяется, Гц,

$$f_0 = \sqrt{\frac{0,5}{X_{ст}}}, \quad \text{Гц}, \quad (5.5)$$

Откуда статическая осадка может быть найдена по формуле, м,

$$X_{ст} = \frac{0,25}{f_0^2}. \quad (5.6)$$

Формула (2.5) является основной при расчете виброизоляторов. Из формулы (2.4) следует, что коэффициент жесткости виброизоляторов равен, Н/м,

$$K_{ж} = \frac{Q}{X_{ст} \cdot k}. \quad (5.7)$$

Чем больше статическая осадка, тем ниже собственная частота и тем эффективнее виброизоляция. Чем выше частота вибрации, тем легче осуществить виброизоляцию. Отсюда следует, что существует оптимальное соотношение между частотой возбуждения и частотой собственных колебаний системы. Оно составляет $f_b / f_0 = 3...4$, что соответствует КП=1/8...1/5.

Расчет пружинных виброизоляторов

Эффективное ослабление вибраций низкой частоты (ниже 15 Гц) в большинстве случаев возможно лишь с помощью виброизоляторов из стальных пружин. Пружины просты, стабильны, дешевы, долговечны, малогабаритны и хорошо противостоят действию высокой температуры, при антикоррозионных покрытиях они не боятся сырости.

Последовательность расчета пружинных виброизоляторов:

1. Принимают или находят коэффициент передачи динамической нагрузки на основание.
2. Определяют частоту собственных колебаний системы на виброизоляторах.
3. Определяют жесткость всех виброизоляторов в вертикальном направлении.
4. Принимают число виброизоляторов.
5. Находят жесткость одного виброизолятора.
6. Определяют статическую и динамическую нагрузки на один виброизолятор.
7. Вычисляют амплитуду вынужденных вертикальных колебаний виброизолированной установки.
8. Находят диаметр прутка пружины виброизолятора.
9. Определяют диаметр пружины.
10. Находят число рабочих витков.

Устанавливают число нерабочих витков.

11. Определяют статическую величину осадки виброизолятора.
12. Проводят уточненный расчет виброизоляции и определяют ее эффективность.

Параметры типовых опорных пружин приведены в таблицах.

При расчете пружинных виброизоляторов следует учитывать статические и динамические нагрузки по формуле, Н,

$$P = P_{\text{ст}} + 1,5 P_{\text{дин}}, (5.8)$$

где P – расчетная нагрузка на одну пружину; $P_{\text{ст}}$ – статическая нагрузка на одну пружину; $P_{\text{дин}}$ – динамическая нагрузка на одну пружину; 1,5 – коэффициент, учитывающий усталостные явления материала пружины.

Определяется динамическая нагрузка на пружину, Н,

$$P_{\text{дин}} = a K_{\text{ж}}, (5.9)$$

где a – амплитуда колебаний агрегата при рабочем режиме, м; $K_{\text{ж}}$ – жесткость одной пружины.

Амплитуда колебаний агрегата определяется по формуле, м,

$$\alpha = \frac{P_{\text{ст}}}{m \omega_{\text{в}}^2}, (5.10)$$

где m – масса источника колебаний, кг; $\omega_{\text{в}}$ – круговая частота вынужденных колебаний, определяется по формуле

$$\omega_{\text{в}} = \frac{2\pi \cdot f_{\text{в}}}{60}. (5.11)$$

Выбирается пружина с определенным индексом (отношение диаметра пружины к диаметру проволоки)

$$C = \frac{D}{d}. (5.12)$$

Чем больше C , тем больше податливость пружины при одном и том же числе витков. Значение C рекомендуется принимать от 4 до 10.

В зависимости от индекса пружины C , находим коэффициент $K_{\text{с}}$ по табл. 3.1, учитывающий повышение напряжения в точках сечения прутка.

Таблица 5.1. Зависимость коэффициента повышения напряжения от индекса пружины

C	3	4	5	6	7	8	10	11	12
$K_{\text{с}}$	1,5	1,37	1,3	1,24	1,2	1,17	1,14	1,15	1,11

Определяют диаметр прутка пружины, м,

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K_c PC}{[\tau]_k}}, \quad (5.13)$$

Где $[\tau]_k$ – допускаемое напряжение кручения материала пружины, Па, приведено в табл.2.2.

Из формулы (2.12) находится наружный диаметр пружины, м,

$$D = Cd.$$

Определяется число рабочих витков пружины (некоторые витки, прилегающие к торцам, не участвуют в работе)

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8K_c \cdot \dots^3},$$

где G – модуль упругости при сдвиге, Па (см. табл. 2.2); K_c – находится по формуле (2.7).

Общее количество витков пружины

$$i = i_1 + i_2,$$

где i_2 – число нерабочих витков пружины, которое принимается:

при $i_1 > 7$ значение $i_2 = 2,5$;

при $i_1 < 7$ значение $i_2 = 1,5$.

Определяется фактический коэффициент жесткости, Н/м,

$$K_{ж.пр} = \frac{Gd}{8C^3 i} n, \quad (5.14)$$

И статическая осадка пружины, м,

$$X_{ст} = \frac{P_{ст}}{K_{ж.пр}}. \quad (5.15)$$

Таблица 5.2.- Допускаемые напряжения для пружинных сталей

Сталь	Модуль	Допускаемые	Назначение

		Сдвига	напряжения кручения		
Группа	Марка	G, Па	Режим работы	$[\tau]_k$, Па	
Углеродистая					Для пружин с от-
	65		Легкий	$420 \cdot 10^6$	носительно низки-
	70	$8 \cdot 10^{10}$	Средний	$350 \cdot 10^6$	ми напряжениями
			Тяжелый	$280 \cdot 10^6$	при диаметре про-
					волоки менее 8 мм
Хромо- ванадиевая закален- ная в масле					Для пружин, воспринимающих динамическую наг- рузку при диаметре прутка менее 12,5 мм
	50		Легкий	$560 \cdot 10^6$	
	ХФА		Средний	$500 \cdot 10^6$	
		$7,84 \cdot 10^{10}$	Тяжелый	$400 \cdot 10^6$	
Кремни- стая					Для пружин, вос- принимающих ди- намическую наг- рузку при диамет- ре прутка более 10 мм, а также для рессор
	55С2		Легкий	$560 \cdot 10^6$	
	60С2	$7,6 \cdot 10^{10}$	Средний	$450 \cdot 10^6$	
	60С2А		Тяжелый	$350 \cdot 10^6$	
	63С2А				

Статическая нагрузка $P_{ст}$, H , на одну пружину может быть определена как

$$P_{ст} = \frac{2}{k},$$

Находятся собственная частота колебаний по формуле (2.5), коэффициент передачи по формуле (2.1). Эффективность виброизоляции определяется по формуле

$$\varepsilon = (1 - КП)100\%. \quad (5.16)$$

Расчет резиновых виброизоляторов

Резиновые (упругие) виброизоляторы (прокладки) хорошо задерживают распространение вибраций высокой частоты, возникающих при большом числе

оборотов машины (2000 об/мин и более). На резиновых прокладках можно монтировать машины значительных мощностей, соответственно подобрав количество опорных точек, качество и величину прокладок. Недостатком резиновых виброизоляторов является их недолговечность. Резиновые виброизоляторы со временем становятся жестче и через 5 – 7 лет их необходимо заменять. Кроме того, с их помощью нельзя получить очень низкие собственные частоты колебаний системы, которые необходимы для тихоходных агрегатов из-за неизбежной в этом случае перегрузки прокладок, значительно сокращающей срок их службы.

При использовании резиновых виброизоляторов (прокладок) следует предусмотреть меры для обеспечения деформации в горизонтальной плоскости. Для этого резиновые виброизоляторы должны иметь форму ребристых или дырчатых плит (см. рис. 5.1).

асчет резиновых виброизоляторов сводится к определению их площади, рабочей высоты и эффективности виброизоляции. Исходя из конструктивных особенностей машины, задаются числом виброизоляторов. Практически, в большинстве случаев число виброизоляторов определяется количеством точек крепления, а площадь виброизоляторов – площадью основания и при расчете приходится варьировать материалом и толщиной.

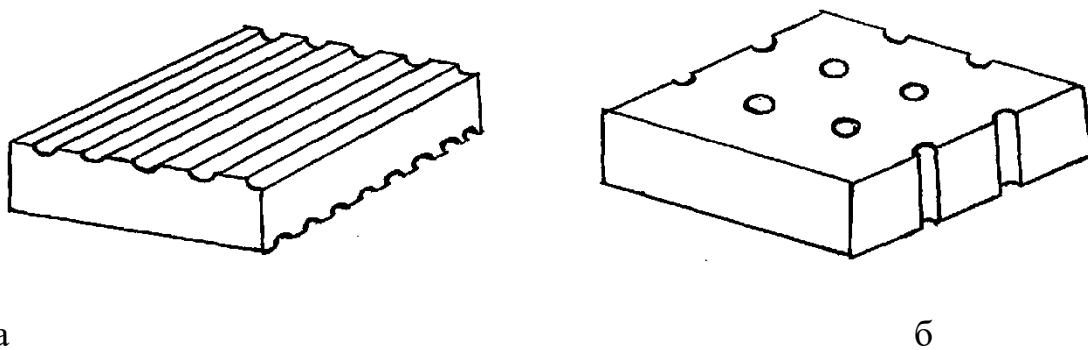


Рис. 3.1. Резиновый виброизолятор: ребристый (а) и дырчатый (б).

Площадь резиновых элементов, исходя из условия прочности резины, определяется по формуле, м²,

$$F' = \frac{Q}{[\sigma]}, \quad (5.17)$$

где Q – нагрузка, приходящая на все резиновые виброизоляторы, Н; $[\sigma]$ – допустимое напряжение для материала резинового виброизолятора (для мягкой резины рекомендуется принимать равным $0.8 \cdot 10^5$ Н/м², для твёрдой – $4 \cdot 10^5$ Н/м²).

Определяется площадь одного резинового элемента, м²,

$$F_p = \frac{F'}{n_p}, \quad (5.18)$$

где n_p – число резиновых элементов.

Определяется рабочая высота резиновых виброизоляторов, м,

$$H_p = \frac{E_g \cdot F_p}{K_{\text{ж}}}, \quad \text{м}, \quad (5.19)$$

где E_g – динамический модуль упругости, Н/м² (табл. 3.3); $K_{\text{ж}}$ – коэффициент жесткости резины, Н/м.

Таблица 5.3.- Характеристика резиновых материалов

Вид резины	Допустимые напряжения, σ , Н/м ²	Динамический модуль упругости, E_g , Н/м ²	$\frac{E_g}{\sigma}$
Губчатая	$0,03 \cdot 10^6$	$3 \cdot 10^6$	100
Мягкая	$0,08 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$	63
В виде ребристых плит или плит с отверстиями	$(0,08 \dots 1) \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$	50
Специальных	$(0,3 \dots 0,4) \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$	25

сорт			
ИРП 1346	$(0,2...0,3) \cdot 10^6$	$3,9 \cdot 10^6$	20

Высота квадратного резинового виброизолятора должна быть не менее четверти его ширины, В,

$$H_p \geq \frac{B}{4}.$$

Определяется фактическая статическая осадка виброизолятора, м,

$$X_{ст}^{\Phi} = \frac{Q \cdot H_p}{E_g \cdot m \cdot F_1}.$$

Определяется частота собственных колебаний по формуле (3.5), коэффициент передачи (КП) по формуле (2.1), значение f_s по формуле (3.2) и эффективность виброизоляции по формуле (2.16). Если эффективность при расчете получилась $< 81\%$, то в расчете резиновых виброизоляторов проводятся следующие изменения:

1. выбирают тип резины с меньшим динамическим модулем упругости;
2. увеличивают массу машины путём присоединения к ней дополнительной массы;
3. переходят на другие виды виброизоляторов, например, пружинные или комбинированные.

Пример расчета пружинных виброизоляторов

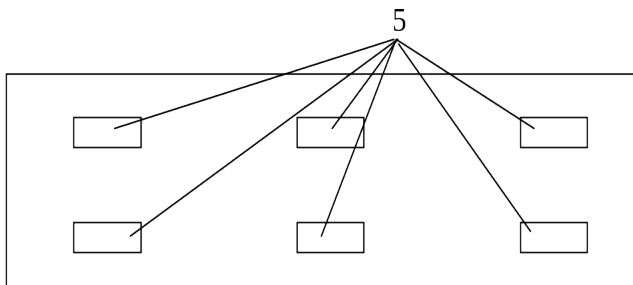


рис. 5.2.

Рассчитать виброизоляцию двигателя внутреннего сгорания при испытании на стенде. Масса двигателя – 200 кг; максимальная частота вращения 4500 мин^{-1} ; масса асинхронного электродвигателя с плитой – 400 кг; максимальная частота вращения – 4000 мин^{-1} . Вид стенда с двигателем приведен на

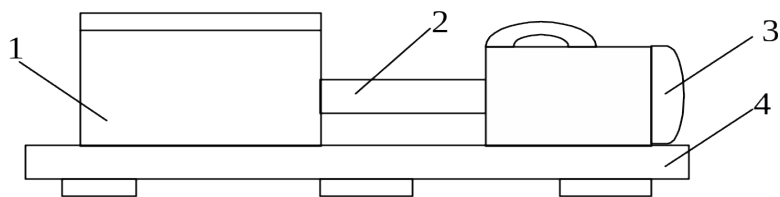


Рис. 5.2. Стенд с двигателем внутреннего сгорания. 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – карданный вал; 3 – асинхронный трёхфазный электродвигатель; 4 – плита; 5 – комбинированные виброизоляторы.

Процесс испытания двигателя состоит из трёх этапов: холодной приработки двигателя путём вращения его электродвигателем, приработки двигателя на холостом ходу, приработки двигателя под нагрузкой и приёмки (табл.3.4).

Таблица 5.4 - Режимы приработки двигателя

Стадия приработки	Частота вращения мин ⁻¹	Продолжительность, мин.
Холодная приработка	400 - 600	35
Горячая приработка на холостом ходу	1 000 - 1 500	85
Приработка двигателя под нагрузкой и приёмка его при работе на полной нагрузке с максимальной частотой вращения	4 000	120

Устройства, к которым относится данный вид двигателя, имеют широкий диапазон частот вынужденных колебаний. Для виброизоляции в этом случае целесообразно применять комбинированные резинометаллические виброизоляторы, способные эффективно снизить колебания в широком диапазоне частот.

Решение.

1. Частота вынужденных колебаний при частоте вращения двигателя $n=400\text{мин}^{-1}$.

$$f_s = \frac{nmK}{60} = \frac{400 \cdot 4 \cdot 2}{60} = 53,33 \text{ Гц.}$$

2. Частота собственных колебаний установки принимается в 3 раза меньше вынужденных, т.е. $f_0 / f_s = 3$

$$f_0 = \frac{53,33}{3} = 17,77 \text{ Гц.}$$

3. Требуемая статическая осадка установки

$$X_{cm} = \frac{0,25}{f_0^2} = \frac{0,25}{17,77^2} = 0,0008 \text{ м,}$$

4. Суммарный коэффициент жёсткости пружинных и резиновых виброизоляторов

$$K_{\text{ж}} = \frac{Q}{X_{cm} \cdot k} = \frac{6000}{0,0008 \cdot 12} = 62,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м.}$$

5. Если вес установки распределяется поровну между пружинными и резиновыми виброизоляторами, то и их жёсткость должна быть разделена поровну.

$$K_{\text{жПР}} = K_{\text{жР}} = \frac{K_{\text{ж}}}{2} = \frac{62,5 \cdot 10^4}{2} = 31,25 \cdot 10^4 \text{ Н/м.}$$

Жёсткость одной пружины (из условий компоновки стенда число пружин $n=6$)

$$K'_{\text{жПР}} = \frac{K_{\text{жПР}}}{6} = \frac{31,25 \cdot 10^4}{6} = 52 \cdot 10^3 \text{ Н/м.}$$

6. Динамическая нагрузка на одну пружину

$$P'_{\text{дин}} = a_{0Z} \cdot K'_{\text{жПР}} = 0,315 \cdot 52 \cdot 10^3 = 16,4 \cdot 10^3 \text{ Н,}$$

$$a_{0Z} = \frac{P'_{\text{СТ}}}{m \cdot \omega_B^2} = \frac{mg}{m \cdot \omega_B^2} = \frac{9,81}{5,58^2} = 0,315$$

где м,

$$\omega_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_B}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 53,3}{60} = 5,58 \text{ рад/с.}$$

7. Индекс пружины

$$C = \frac{D}{d} = 7.$$

8. Диаметр прутка пружины

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K_C \cdot P_{\text{расч}} \cdot C}{[\tau]_K}} = 1,6 \sqrt{\frac{29,9 \cdot 10^3 \cdot 7}{420 \cdot 10^6}} = 0,036 \text{ м.}$$

9. Наружный диаметр пружины

$$D = cd = 7 \cdot 0,036 = 0,253 \text{ м.}$$

10. Число витков пружины

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot K'_J \cdot C^3} = \frac{7,84 \cdot 10^{10} \cdot 0,036}{8 \cdot 52 \cdot 10^3 \cdot 7^3} = 19,7.$$

11. Полное число витков пружины

$$i = i_1 + i_2 = 19,7 + 2,5 = 22,2.$$

12. Фактический коэффициент жесткости всех пружинных виброизоляторов

$$K_{\text{жпр}} = \frac{G \cdot d}{8 \cdot i \cdot C^3} \cdot n = \frac{7,84 \cdot 10^{10} \cdot 0,036}{8 \cdot 22,2 \cdot 7^3} \cdot 6 = 278 \cdot 10^3 \text{ Н/м.}$$

13. Фактическая статическая осадка всех пружин виброизоляторов

$$X_{\text{ст}} = \frac{P'_{\text{ст}}}{K_{\text{жпр}}} = \frac{200 \cdot 9,81}{278 \cdot 10^3} = 0,007 \text{ м.}$$

14. Фактическая собственная частота колебаний

$$f_0 = \frac{0,5}{\sqrt{X_{\text{ст}}}} = \frac{0,5}{\sqrt{0,007}} = 6,02 \text{ Гц.}$$

15. Коэффициент вибропередачи

$$КП = \frac{1}{\left(\frac{f_B}{f_0}\right)^2 - 1} = \frac{1}{\left(\frac{53,3}{6,02}\right)^2 - 1} = 0,01$$

16.Эффективность виброизоляции

$$\Xi = (1 - КП)100\% = (1 - 0,01) \cdot 100\% = 99\%.$$

Аналогичным образом рассчитывается эффективность виброизоляции при других частотах и данные заносятся в табл. 5.5

Таблица 5.5 - Зависимость эффективности виброизоляции от вида виброизолятора

Частота вращения, мин ⁻¹	Эффективность виброизоляции, %		
	Виброизоляторы		
	Резиновые	Пружинные	Комбинирован-ные
400	84	99	91,8
600	88	92	90
1 000	89,6	91,8	90,7
1 500	94,5	90	92,25
4 000	98,1	88	93,05

Пример расчета резиновых виброизоляторов.

($f_8=4000$ мин⁻¹ для резины специальных сортов ($\delta=0,3 \cdot 10^6$ Н/м²)).

1. Площадь поперечного сечения всех резиновых элементов

$$F = \frac{Q_p}{\sigma} = \frac{6000}{0,3 \cdot 10^6} = 0,02 \text{ м}^2.$$

2. Площадь одного резинового элемента

$$F_p' = \frac{F}{n_p} = \frac{0,02}{6} = 0,0033 \text{ м}^2.$$

3. Рабочая высота резинового элемента

$$H_p = \frac{E_g \cdot F_p'}{K_{ж}} = \frac{10 \cdot 10^6 \cdot 33 \cdot 10^{-3}}{31,25 \cdot 10^4} = 0,106 \text{ м.}$$

4. Полная высота резинового элемента

$$H = 1,5 \cdot H_p = 1,5 \cdot 0,106 = 0,16 \text{ м.}$$

5. Форму резиновых элементов принимаем цилиндрической с диаметром отверстия для крепления $\varnothing 10 \text{ мм}$. ($r=5 \text{ мм}$).

Тогда радиус наружной поверхности виброизолятора (рис. 3.3)

$$R = \sqrt{\frac{F_p'}{\pi} + r^2} = \sqrt{\frac{0,0033}{3,14} + 0,005^2} = 0,032 \text{ м.}$$

$H > 0,45 \cdot R$, т.е. условие выполняется.

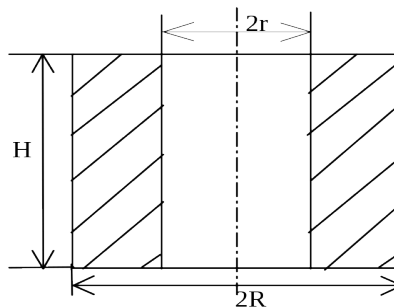


Рис. 5.3. Общий вид резинового виброизолятора

6. Фактическая статическая осадка резиновых элементов

$$X_{cm}^{\phi} = \frac{Q_p \cdot H}{E_g \cdot m \cdot F_1} = \frac{600 \cdot 9,81 \cdot 0,16}{10 \cdot 10^6 \cdot 600 \cdot 0,0033} = 4,75 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

7. Фактическая собственная частота резиновых виброизоляторов

$$f^{\phi_o} = \frac{0,5}{\sqrt{X_{cm}^{\phi}}} = \frac{0,5}{0,0689} = 7,25 \text{ Гц.}$$

8. Коэффициент вибропередачи для резиновых элементов

$$КП = \frac{1}{\left(\frac{f_6}{f_o}\right)^2 - 1} = \frac{1}{\left(\frac{53,33}{7,25}\right)^2 - 1} = 0,019$$

9. Эффективность виброизоляции с применением резиновых виброизоляторов

$$\mathcal{E} = (1 - КП) \cdot 100\% = (1 - 0,019) \cdot 100\% = 98,1\%.$$

Аналогичным образом, повторяя пп. 15, 16, 24, 25 для разных f_6 , проводится расчет виброизоляции на всех оборотах двигателя и данные заносятся в табл. 3.4.

По данным таблицы составляется график зависимости эффективности виброизоляции от частоты вращения вала двигателя (рис. 5.4).

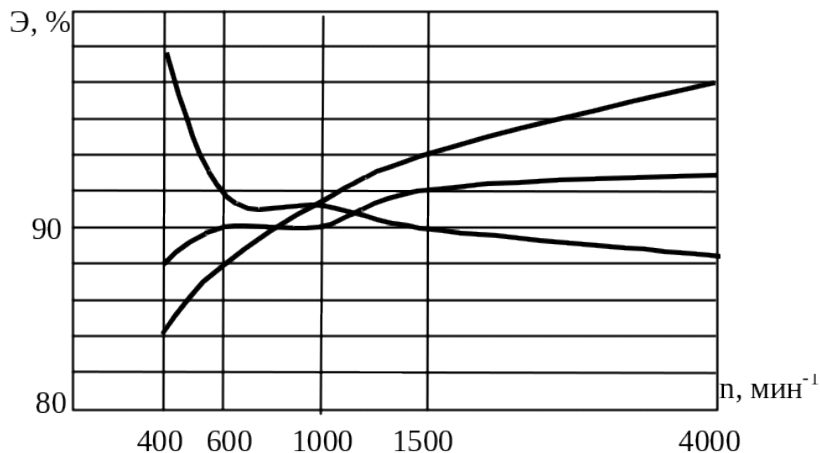


Рис. 5.4. График зависимости эффективности виброизоляции от частот вращения вала двигателя

Таким образом, эффективность комбинированных виброизоляторов при низких частотах выше, чем резиновых, а на высоких частотах выше, чем пружинных. Это позволяет применять их на установках с большим диапазоном частот.

2. Задания

Задание 1. Рассчитать виброизоляцию двигателя (исходные данные к решению задачи по вариантам принять по таблице 7) весом $P_1 = 100 \text{ Н}$, с частотой вращения $f = 83 \text{ с}^{-1}$ ($\approx 5000 \text{ об/мин}$), если вес фундамента P_2 в 4 раза больше веса электродвигателя P_1 ; фундамент изолирован от двигателя восемью прокладками из резины средней жесткости толщиной $h = 6 \text{ см}$.

Исходные данные к решению задачи

№	Материал	Вес двигателя, H	Частота вращения $об/мин$	Вес фундамента, H	Кол-во прокладок, шт	Толщина прокладок, $см$
1	2	3	4	5	6	7
1	губчатая резина	500	6000	2000	8	6
2	мягкая резина	600	5500	2600	9	5
3	ребристая плита с отверстиями	700	5000	3000	8	4
4	ребристая плита с отверстиями	800	6000	3500	6	6
5	пробка натуральная	900	6000	3900	8	6
6	пробка натуральная	1000	5500	4400	6	7
7	пробка натуральная	1100	5000	4600	7	3
8	резина средней жесткости	1200	5500	5100	7	6
9	резина средней жесткости	1300	4500	5500	5	6
10	резина средней жесткости	1400	4000	5800	4	6
11	мягкая резина	550	5400	2200	5	4
12	пробка натуральная	650	6000	2800	8	5
13	пробка натуральная	750	5500	3000	9	4
14	пробка натуральная	850	5000	3400	5	7
15	ребристая плита с	950	6000	3900	4	4

	отверстиями					
16	ребристая плита с отверстиями	1050	5500	4400	6	4
17	ребристая плита с отверстиями	1150	6000	4700	5	6
18	резина средней жесткости	1250	5000	5100	5	4
19	резина средней жесткости	1350	5500	5500	9	6
20	губчатая резина	1450	5500	5900	9	5

Задание 2.

На общей раме весом m кг смонтирован электродвигатель и комплект дополнительного оборудования. Вес электродвигателя m_1 кг, число оборотов – N об/мин. Вес оборудования – m_2 кг. Уровень виброскорости – L дБ, допустимое значение - $L_{\text{доп}}$ дБ. Число амортизаторов – K . Определить параметры пружины.

3. Варианты заданий

№	Характеристика виброисточника		Характеристика рабочего места		Параметры виброизолируемого места			
	n об/мин	m , кг	L , дБ	Вид работ	Вес плиты, кг	Вес оборудования, кг	Кол-во пружин	Средний радиус витка, м
1	970	120	100	Дежурн.	100	400	4	0,02
2	1320	100	92	КБ	100	520	4	0,02
3	1050	150	90	Лаб.	100	600	6	0,022
4	1390	90	88	Лаб.	100	360	4	0,018
5	1180	140	91	Лаб.	100	460	4	0,018
6	1260	140	99	Склад.	120	400	4	0,022
7	1420	110	89	ВЦ	100	360	6	0,02
8	960	160	101	Склад.	120	640	4	0,024
9	1390	140	92	Лаб.	100	580	4	0,021
10	1240	130	90	Лаб.	100	480	4	0,02

3. Вопросы к практической работе

1. Какие параметры характеризуют вибрацию ?
2.
 - Что такое относительные параметры и пороговое значение?
3. Влияет ли частота вибрации на физиологические ощущения человека ?
4. Какие параметры вибрации являются нормируемыми?
5. Какой параметр определяет эффективность виброизоляции и как он зависит от частоты вибрации?
6. Каковы условия резонанса ?

Практическое занятие № 6

Прогнозирование последствий аварийного сценария «Пожар пролива»

1. Теоретическая часть

Пожар пролива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей - неконтролируемый процесс горения пролива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Резервуары и резервуарные парки, как основные сооружения складов нефти и нефтепродуктов, широко распространены в отраслях промышленности. В связи с этим проблема обеспечения безопасности при транспортировке и хранении нефтепродуктов приобретает первостепенное значение.

Поражающим воздействием от пожара пролива является тепловое излучение, величина которого определяется по методике расчета, представленной в ГОСТ Р 12.3.047-2012 (Приложение В - "Метод расчета интенсивности теплового излучения при пожарах проливов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей")

При оценке последствий воздействия опасных факторов использована методика, изложенная в приказе от 26 июня 2024 г. N 533 Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

Интенсивность теплового облучения пожара:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (6.1)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, принимаемая по таблице 5 (для эффективного диаметра пролива площадью 6,18 м² 60 кВт/м²);

F_q – угловой коэффициент облученности

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_n^2}, \quad (6.2)$$

где F_v F_n , – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок, соответственно;

τ – коэффициент пропускания атмосферы

$$\tau = e^{(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0.5d))}. \quad (6.3)$$

Производим вычисления на расстоянии 10 м ($r = 10$ м).

Определяем необходимые коэффициенты :

$$h = \frac{2H}{d} \quad (6.4)$$

$$S = \frac{2r}{d} \quad (6.5)$$

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S} \quad (6.6)$$

$$B = \frac{(1 + S^2)}{2S}. \quad (6.7)$$

Фактор облученности вертикальной площадки F_v определен по формуле:

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S} \left\{ \arctg \sqrt{\frac{S-1}{S+1}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right\} \right] \quad (6.8)$$

Фактор облученности горизонтальной площадки F_n рассчитан по формуле:

$$F_n = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B - \frac{1}{S})}{\sqrt{B^2 - 1}} \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A - \frac{1}{S})}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right] \quad (6.9)$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = e^{(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0.5d))}$$

Таблица 6.1 – Среднеповерхностная плотность теплового излучения
пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость
выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

Топливо	$E_f, \text{кВт/м}^2$					$M, \text{кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$
	d = 10 м	d = 20 м	d = 30 м	d = 40 м	d = 50 м	
СПГ (Метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (Пропан- бутан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

2. Задания

Задание 1

Определить интенсивность теплового излучения при проливе жидких углеводородных топлив. Принять плотность окружающего воздуха $\rho_v = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Исходные данные представлены в таблице. Оценить воздействие интенсивности теплового излучения на людей в результате пролива жидкого топлива.

Исходные данные для определения интенсивность теплового излучения
при проливе жидких углеводородных топлив

№ п/п	Вид топлива	Площадь пролива, S, м ²	Расстояние от центра пролива до облуча- емого объекта r, м	Удельная массовая скорость выгорания топлива, m, кг/(м ² · с)
1	СПГ (метан)	200	20	0,05
2	СУГ (пропан-бутан)	250	20	0,06
3	Бензин	300	20	0,07
4	Дизельное топливо	350	20	0,08
5	Нефть	400	20	0,09
6	СПГ (метан)	220	30	0,05
7	СУГ (пропан-бутан)	250	30	0,06
8	Бензин	320	30	0,07
9	Дизельное топливо	370	30	0,08
10	Нефть	450	30	0,09
11	СПГ (метан)	230	40	0,05
12	СУГ (пропан-бутан)	260	40	0,06
13	Бензин	330	40	0,07
14	Дизельное топливо	400	40	0,08
15	Нефть	450	40	0,09
16	СПГ (метан)	100	50	0,05
17	СУГ (пропан-бутан)	200	50	0,06

3. Вопросы к практической работе

1. Какие виды поражающих факторов действуют при возникновении пожара пролива?
2. Какие факторы учитывают при образовании пожара пролива?
3. Как оценивают площадь разлива горючей жидкости
4. На каком основании определяют численность пострадавших людей?

3. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил., - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Практическое занятие № 7

Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности и разработка мер защиты

1. Теоретическая часть

Избыточное давление взрыва для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов C, H, O, N, Br, I, F,

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) * (mz / V_{\text{св}} \rho_{\text{г.п}}) * (100 / C_{\text{ст}}) * (1 / K_n), \quad (7.1)$$

где $P_{\max}$ — максимальное давление взрыва стехиометрической газо- или паровоздушной смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочникам для наиболее неблагоприятных вариантов аварии, кПа; при отсутствии данных допускается принимать равным 900 кПа;

P_0 — начальное давление, кПа; допускается принимать равным 101 кПа;
 m — масса горючего газа (ГГ) или паров легко воспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), поступивших в результате расчетной аварии в помещение, кг;

z — коэффициент участия горючего во взрыве;

$V_{\text{св}}$ — свободный объем помещения, м³;

$\rho_{\text{г.п}}$ — плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м³;

$C_{\text{ст}}$ — стехиометрическая концентрация газов или паров ЛВЖ и ГЖ, %;

K_n — коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения; допускается принимать равным 3.

Масса горючих газов (ГГ), кг,

$$m = (V_a + V_T) \rho_{\text{г.п}}, \quad (7.2)$$

где V_a — объем газа, вышедшего из аппарата, м³; V_T — объем газа, вышедшего из трубопровода, м³.

$$V_a = 0,01 P_1 V,$$

где P_1 — давление в аппарате, кПа; V — объем аппарата, м³.

$$V_T = V_{1T} + V_{2T},$$

где V_{1T} — объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³; V_{2T} — объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³.

$$V_{1T} = qT,$$

где q — расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т. д., м³/с; T — расчетное время отключения трубопроводов; определяется в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

T следует принимать равным:

а) времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов (10 с);

б) 120с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

в) 300с при ручном отключении.

Под временем срабатывания и временем отключения следует понимать промежуток времени от начала возможного поступления горючего вещества из трубопровода (разрыв, изменение нормального давления и т. д.) до полного прекращения поступления газа или жидкости в помещение.

В общем случае

$$V_{2T} = 0,01 \pi P_2 (r_{21} L_1 + r_{22} L_2 + \dots + r_{2n} L_n),$$

где P_2 — максимальное давление в трубопроводе по техническому регламенту, кПа; $r_1, r_2, \dots, r_n$ — внутренний радиус трубопроводов, м; $L_1, L_2, \dots, L_n$ — длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Таблица 7.1 - Коэффициент участия горючего во взрыве z можно рассчитать по характеру распределения газов и паров в объеме помещения. Значения его приведены ниже.

Горючее вещество	z
Водород	1,0
Газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, 0,3 нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, 0,3 нагретые ниже температуры вспышки, если возможно образование аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, 0 нагретые ниже температуры вспышки, если образование аэрозоля невозможно	0

Свободный объем помещения (m^3) определяют как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно равным 80 % геометрического объема помещения.

Плотность газа или пара при расчетной температуре, $кг/м^3$ [1],

$$\rho_{г.п} = M / (V_0 + 0,367 t_p), \quad (7.3)$$

где M — молярная масса, $кг/кмоль$; V_0 — молярный объем, равный $22,413 м^3/кмоль$; t_p — расчетная температура, $°C$.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей

климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом ее возможного повышения в аварийной ситуации.

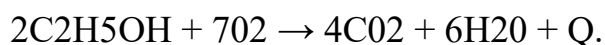
Если такого значения расчетной температуры по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61 °С.

Стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % [2],

$$C_{ст} = 100 / (1 + 4,84\beta), \quad (\text{III.8})$$

где β — стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения.

Стехиометрические коэффициенты — это небольшие числа, которые показывают, в каком количестве реагируют и образуются вещества в результате реакции. Стехиометрические коэффициенты подбирают в соответствии с законом сохранения вещества: количество атомов до и после реакции должно быть одинаковым.



2 моль 7 моль 4 моль 6 моль

Стехиометрический коэффициент можно также рассчитать по формуле

$$\beta = n_C + (n_H - n_X / 4) - (n_O / 2), \quad (7.4)$$

где n_C , n_H , n_O , n_X — число атомов С, Н, О и галогенов в молекуле горючего.

Пример определения β

Необходимо определить стехиометрический коэффициент кислорода в реакции горения хлопковой пыли. Формула хлопка $(C_6H_{10}O_5)_n$.

Уравнение реакции горения



где $n_C = 6$; $n_H = 10$; $n_O = 5$; $n_X = 0$.

$$\beta = 6 + (10 - 0 / 4) - (5 / 2) = 6 + (10 - 0 / 4) = 6,$$

т. е. стехиометрический коэффициент $\beta = 6$, что равно числу молекул кислорода, участвующих в реакции горения.

Пример расчета

Исходные данные.

1.1. Складское помещение мукомольного комбината для хранения муки в мешках по 50 кг. Свободный объем помещения $V_{\text{св}} = 1000 \text{ м}^3$. Ежедневная пылеуборка в помещении позволяет пренебречь пылеотложениями на полу, стенах и других поверхностях ($m_{\text{вз}} = 0$). Размещение мешков производится вручную складскими работниками. Максимальная высота подъема мешка не превышает 2 м.

1.2. Единственным взрывопожароопасным веществом в помещении является мука: мелкодисперсный продукт (размер частиц менее 100 мкм). Теплота сгорания $H_t = 1,8 \cdot 10^7 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$. Критический размер частиц взрывоопасной взвеси мучной пыли $d^* = 250 \text{ мкм}$.

1.3. Сведения, необходимые для определения стехиометрической концентрации мучной пыли $\rho_{\text{ст}}$ в воздухе при нормальных условиях (атмосферное давление 101,3 кПа, температура 20 °C), могут задаваться одним из трех способов:

1) прямым указанием величины: $\rho_{\text{ст}} = 0,25 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

2) указанием сведений о брутто-формуле химического состава вещества, например, в виде $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_k\text{N}_a$. В таком случае расчет $\rho_{\text{ст}}$ производится на основе химического уравнения окисления данного вещества воздухом до соответствующих продуктов взаимодействия (CO_2 , H_2O и N_2) - по формуле

$$\rho_{\text{ст}} = 0,0087 \cdot (12 \cdot Y + B + 16 \cdot K + 14 \cdot A) / (Y + B / 4 - K / 2).$$

При наличии в брутто-формуле вещества других атомов, например S, P, Al, и т.д., в расчете должны учитываться дополнительные продукты окисления: SO_3 , P_2O_5 , Al_2O_3 и т.д.;

3) результатами экспериментального измерения убыли массы кислорода Δm_{O} в камере, где произведено выжигание пробной массы исследуемого

вещества Δm_X в атмосфере кислорода (например, в установке для определения теплоты сгорания вещества по ГОСТ 21261-91).

В этом случае расчет $r_{ст}$ производится по формуле

$$r_{ст} = (\Delta m_X / \Delta m_O) \cdot M_O,$$

где M_O - масса кислорода в 1 м³ воздуха; допускается принимать $M_O = 0,24 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$.

2. Обоснование расчетного варианта аварии.

Поскольку в помещении не обращаются горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С, а также вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, данное помещение не относится к категории А.

В соответствии с п. 5.2 [1] следует рассмотреть возможность отнесения данного помещения к категории Б. Поскольку в нем обращаются только горючие пыли, для проверки возможности отнесения данного помещения к категории Б следует рассмотреть аварию, сопровождающуюся образованием облака горючей пыли, и произвести расчет избыточного давления взрыва.

Аварийная ситуация с образованием пылевоздушного облака может быть связана с разрывом тары (одного из мешков с мукой), в результате которого его содержимое ($m_{ав} = 50 \text{ кг}$), поступая в помещение с максимально возможной высоты ($H = 2 \text{ м}$), образует взрывоопасную взвесь. С определенным запасом надежности примем объем образующегося при этом пылевоздушного облака равным объему конуса, имеющего высоту H и радиус основания также равный H . В этом случае объем аварийного облака составит:

$$V_{ав} = (1 / 3) \cdot H \cdot \pi \cdot H^2 = (1 / 3) \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 2^2 = 8,4 \text{ м}^3.$$

$$V_{ав} = (1 / 3) \cdot 1,5 \cdot \pi \cdot 1,5^2 = (1 / 3) \cdot 1,5 \cdot 3,14 \cdot 1,5^2 = 3,53 \text{ м}^3.$$

3. Коэффициент участия пыли во взрыве Z рассчитывается по формуле (A.16) [1] и составляет:

$$Z = 0,5 \cdot F = 0,5 \cdot 1 = 0,5.$$

4. Расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли m (кг), образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяют по формуле (A.17) [1]:

$$m = \min \left\{ m_{вз} + m_{ав}, \rho_{ст} \cdot V_{ав} / Z \right\}$$

Поскольку $m_{вз} + m_{ав} = 0 + 50 = 50$ кг; $\rho_{ст} \cdot V_{ав} / Z = 0,25 \cdot 3,53 / 0,5 = 1,765$ кг, следует принять $m = 1,765$ кг.

Для надежного выполнения расчета ΔP целесообразно объяснить физический смысл использованной здесь формулы (A.17) [1]. Избыточное давление воздуха в помещении при горении взвеси объясняется тепловыделением реакции окисления дисперсного горючего кислородом воздуха. Поэтому в окончательном расчете давления взрыва присутствует общая масса сгоревшей в пылевоздушном облаке пыли m и теплотворная характеристика выгорания единичного количества пыли H_t . Понятно, что масса m не может превысить общую массу пыли в этом облаке ($m_{вз} + m_{ав}$), которая записана в верхней строке формулы (A.17) [1]. Но масса m может быть меньше ($m_{вз} + m_{ав}$). Последнее происходит в случае горения пылевоздушных облаков, обогащенных горючим, когда для полного выгорания пыли в таком облаке не хватает кислорода воздуха. Для подобных «богатых» смесей масса выгорающей пыли будет ограничена содержанием кислорода в облаке, а потому не должна превосходить величину $\rho_{ст} \cdot V_{ав}$, представленную в нижней строке формулы (A.17) [1]. Добавим, что поправка $(1 / Z)$ к указанной величине обусловлена спецификой расчета ΔP , куда масса сгоревшей пыли фактически входит в виде комплекса $m \cdot Z$.

5. Определение избыточного давления взрыва ΔP производится по формуле (А.4) [1]:

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{св} \cdot \rho_v \cdot C_p \cdot T_0 \cdot K_H} = \frac{4,2 \cdot 1,8 \cdot 10^7 \cdot 101,3 \cdot 0,5}{1000 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 300 \cdot 3} = 3,51 \text{ кПа.}$$

$$\Delta P = \frac{1,765 \cdot 1,8 \cdot 10^7 \cdot 101,3 \cdot 0,5}{30,24 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot 300 \cdot 3} = 49,2 \text{ кПа}$$

6. Расчетное избыточное давление взрыва не превышает 5 кПа, следовательно, рассматриваемое помещение мукомольного комбината для хранения муки не относится к категории Б и его следует относить к категории В1 - В4 в зависимости от пожарной нагрузки, находящейся в этом помещении.

Порядок определения категории следующий.

Сначала определяется пожарная нагрузка (Q) по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_{1i})$$

где Q – пожарная нагрузка на участке, МДж;

G_i – вес (масса, количество) i-ого материала пожарной нагрузки, кг;

Q_{1i}^p – низшая теплота сгорания i-ого материала пожарной нагрузки, МДж/кг.

$$40 \cdot 1,8 \cdot 10^7 = 72 \text{ МДж}$$

$$72/9 = 8 \text{ МДж/м}^2$$

После этого определяется удельная пожарная нагрузка по формуле:

$$q_{2)}$$

где q – удельная пожарная нагрузка, МДж/м²;

Q – пожарная нагрузка на участке, МДж;

S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

Затем расчетное значение q сравнивается со значением q_T , приведенным в таблице 7.1; после чего ориентировочно выбирается категория помещения (В1, В2, В3 или В4).

Таблица 7.2 – Связь пожароопасных категорий помещений В1-В4 с величиной рекомендованной удельной пожарной нагрузки q_T

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка, q_T , МДж/м ² (на оцениваемом участке данного помещения)
В1	более 2200
В2	1401 – 2200
В3	181 – 1400
В4	1 – 180

2. Задания

Задание 1. Выполнить расчет по данным, представленным в таблице 7.3.

Таблица 7.1 – Варианты заданий

№ варианта	Наименование Цеха(здания) и его объем V, м ³	Наименование ГГ, ЛВЖ, ГЖ и его формула	Объём аппарата V, м ³	Давление в аппарате P ₁ ,кПа	Максимальное давление в трубопроводе P ₂ , кПа	Расход Газа (ЛВЖ) q, м ³ /с	Внутренний радиус трубопроводов r, м	Длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижки L,м
1	Цех по производству аммиака,20000	Метан CH ₄	10	600	660	2,5	0,25	15
2	Цех по производству полиэтилена высокого давления,50000	Этен(этилен) C ₂ H ₄	20	1000	1500	3,5	0,3	40
3	Цех Сварки крупногабаритных конструкций,100000	Ацетилен C ₂ H ₂	30	500	150	1,5	0,15	60
4	Цех лакокрасочных покрытий, 10000	Ацетон CH ₃ -C(O)-CH ₃	15	200	200	0,5	0,10	30
5	Цех по производству искусственного каучука, 60000	Спирт C ₂ H ₅ OH	40	900	300	0,35	0,05	200
6	Цех по производству сажи, 30000	Метан CH ₄	5	400	200	0,4	0,05;0,025	15; 10
7	Цех по производству каучука, 25000	Этен(этилен) C ₂ H ₄	3	300	150	1,75	0,10; 0.5	20; 17
8	Цех по производству аацетилен, 9000	Ацетилен C ₂ H ₂	8	1500	800	1,5	0,15;0.025	10; 20
9	Цех по производству	Ацетон	2	150	150	0,75	0,025	30

	интрокрасок, 13000	$\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$						
10	Сварочный цех, 12000	Ацетилен C_2H_2	7	500	150	0,3	0,015	25
11	Цех по производству водки, 15500	Спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	2	120	150	0,2	0,025	30
12	Цех по производству аммиака, 75000	Метан CH_4	3	300	200	1,75	0,05	20
13	Малярный цех, 6000	Ацетон $\text{CH}_3\text{-C(O)-CH}_3$	4	300	250	0,28	0,05	42
14	То же, 9000	То же,	8	350	250	0.28	0.05	50
15	То же, 10000	>>	2	600	300	1.5	0.03	35
16	То же, 8000	>>	6	250	200	0.5	0.015	59
17	Сварочный цех, 12000	Ацетилен C_2H_2	1.5	500	170	0.77	0.03	80
18	То же, 45000	То же	7	300	150	0.8	0.025	25
19	То же, 18000	>>	4	600	200	0.7	0.015	37
20	То же, 95000	>>	4.4	550	170	0.3	0.025	43
21	То же, 22000	>>	25	700	350	1.3	0,03	45
22	Цех по производству искусственного каучука, 150000	Спирт $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	3,7	300	350	1,3	0,05;0.03	30; 25
23	То же, 250000	То же	8.7	570	420	1.7	0.15;0.03	40; 17

24	То же, 9000	>>	20	350	320	0.25	0.075	18
25	То же, 85000	>>	12	600	550	0.4	0.055	26
26	То же, 15000	>>	15	555	250	0.2	0.015	20
27	Цех по производству полиэтилена высокого давления, 150000	Этен(этилен) C_2H_4	7.5	700	500	0.5	0.06	18
28	То же, 120000	То же	1.5	1000	800	0.6	0.045	60
29	То же, 250000	>>	9	600	400	0.75	0.035	30
30	То же, 95000	>>	8	650	350	0.25	0.09	42

Примечание. Время срабатывание системы автоматики отключения трубопроводов: для вариантов 1-10 —10с; 11-20—20с; 20-30—120с.

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил., - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мاستрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Практическое занятие № 8

Расчет молниезащиты

1. Теоретическая часть

К мероприятиям по обеспечению пожарной безопасности на производстве относится устройство молниезащиты зданий и сооружений.

Молниезащита – комплекс мероприятий и устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, предохранения зданий, сооружений, оборудования, материалов от взрывов, загораний, разрушений возможных при воздействии молнии.

Непосредственное опасное воздействие молнии - это **пожары, механические повреждения, травмы людей и животных, а также повреждения электрического и электронного оборудования**. Последствиями удара молнии могут быть взрывы твердых, жидких и газообразных материалов и веществ и выделение опасных продуктов — радиоактивных и ядовитых химических веществ, а также бактерий и вирусов.

Удары молнии могут быть особо опасны для информационных систем, систем управления, контроля и электроснабжения. Для электронных устройств, установленных в объектах разного назначения, требуется специальная защита.

Расчет молниезащиты выполняется в соответствии с СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

В соответствии с этим документом классификация объектов по устройству молниезащиты определяется **опасностью удара молнии для самого объекта и его окружения**.

Рассматриваемые объекты могут подразделяться на обычные и специальные.

Обычные объекты - жилые и административные строения, а также здания и сооружения, высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства.

Специальные объекты:

объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения:

объекты, представляющие опасность для социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы);

прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

В таблице 8.1 даны примеры разделения объектов на четыре класса.

При строительстве и реконструкции для каждого класса объектов требуется определить необходимые уровни надежности защиты от прямых ударов молнии (ПУМ). Например, для *обычных объектов* может быть предложено четыре уровня надежности защиты, указанные в таблице 2.

Для *специальных объектов* минимально допустимый уровень надежности защиты от ПУМ устанавливается в пределах 0,9—0,999 в зависимости от степени его общественной значимости и тяжести ожидаемых последствий от прямого удара молнии. По желанию заказчика в проект может быть заложен уровень надежности, превышающий предельно допустимый.

Таблица 8.1 Примеры классификации объектов

Объект	Тип объекта	Последствия удара молнии
Обычные объекты	Жилой дом	Отказ электроустановок, пожар и повреждение имущества. Обычно небольшое повреждение предметов, расположенных в месте удара молнии или задетых ее каналом
	Ферма	Первоначально — пожар и занос опасного напряжения, затем — потеря электропитания с риском гибели животных из-за отказа электронной системы управления вентиляцией, подачи корма и т.д.
	Театр; школа; универмаг; спортивное сооружение	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий
	Банк; страховая компания; коммерческий офис	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбои компьютеров с потерей данных

	Больница; детский сад; дом престарелых	Отказ электроснабжения (например, освещения), способный вызвать панику. Отказ системы пожарной сигнализации, вызывающий задержку противопожарных мероприятий. Потери средств связи, сбой компьютеров с потерей данных. Наличие тяжелобольных и необходимость помощи неподвижным людям
	Промышленные предприятия	Дополнительные последствия, зависящие от условий производства — от незначительных повреждений до больших ущербов из-за потерь продукции
	Музеи и археологические памятники	Невосполнимая потеря культурных ценностей
Специальные объекты с ограниченной опасностью	Средства связи; электростанции; пожароопасные производства	Недопустимое нарушение коммунального обслуживания (телекоммуникаций). Косвенная опасность пожара для соседних объектов
Специальные объекты, представляющие опасность для непосредственного окружения	Нефтеперерабатывающие предприятия; заправочные станции; производства петард и фейерверков	Пожары и взрывы внутри объекта и в непосредственной близости
Специальные объекты, опасные для экологии	Химический завод; атомная электростанция; биохимические фабрики и лаборатории	Пожар и нарушение работы оборудования с вредными последствиями для окружающей среды

Таблица 8.2 Уровни защиты от ПУМ для обычных объектов

Уровень защиты	Надежность защиты от ПУМ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

Плотность ударов молнии в землю

Плотность ударов молнии в землю, выраженная через число поражений 1 км² земной поверхности за год, определяется по данным метеорологических наблюдений в месте размещения объекта.

Если же плотность ударов молнии в землю N_g неизвестна, ее можно рассчитать по следующей формуле, 1/(км²год):

$$N_g = 6.7 \cdot T_d / 100 \quad (8.1)$$

где T_d — среднегодовая продолжительность гроз в часах, определенная по региональным картам интенсивности грозовой деятельности.

Укрупненные данные по среднегодовой продолжительности гроз, ч приведены ниже:

Анадырь, Петропавловск – Камчатский, Мурманск – менее 10;

Архангельск, Астрахань, Баку – от 10 до 20;

Санкт-Петербург, Москва, Калининград – от 20 до 40;

Ростов- на –Дону, Кемерово, Тула, Уфа – от 40 до 60;

Краснодар, Курск, Смоленск – от 60 до 80;

Донецк, Сухуми – от 80 до 100;

Майкоп, Ереван – более 100.

Комплекс средств молниезащиты зданий или сооружений включает в себя устройства защиты от прямых ударов молнии [внешняя молниезащитная система (МЗС)] и устройства защиты от вторичных воздействий молнии (внутренняя МЗС). В частных случаях молниезащита может содержать только внешние или только внутренние устройства. В общем случае часть токов молнии протекает по элементам внутренней молниезащиты.

Внешняя МЗС может быть изолирована от сооружения (отдельно стоящие молниеотводы - стержневые или тросовые, а также соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), или может быть установлена на защищаемом сооружении и даже быть его частью.

Внутренние устройства молниезащиты предназначены для ограничения электромагнитных воздействий тока молнии и предотвращения искрений внутри защищаемого объекта.

Токи молнии, попадающие в молниеприемники, отводятся в заземлитель через систему токоотводов (спусков) и растекаются в земле.

Внешняя МЗС в общем случае состоит из молниеприемников, токоотводов и заземлителей. Их материал и сечения элементов выбирают по таблице 8.3.

Таблица 8.3. Материал и минимальные сечения элементов внешней МЗС

Уровень защиты	Материал	Сечение, мм ²		
		молниеприемника	токоотвода	заземлителя
I—IV	Сталь	50	50	80
I—IV	Алюминий	70	25	Не применяется
I—IV	Медь	35	16	50

Примечание. Указанные значения могут быть увеличены в зависимости от повышенной коррозии или механических воздействий.

Зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Стандартной зоной защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h является круговой конус высотой $h_0 < h$, вершина которого совпадает с вертикальной осью молниеотвода (рисунок 1). Габариты зоны определяются двумя параметрами: высотой конуса h_0 и радиусом конуса на уровне земли r_0 .

Приведенные ниже расчетные формулы (таблица 4) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При более высоких молниеотводах следует пользоваться специальной методикой расчета.

Для зоны защиты требуемой надежности (рисунок 1) радиус горизонтального сечения r_x , на высоте h_x определяется по формуле 2:

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (8.2)$$

Таблица 8.4 Расчет зоны защиты одиночного стержневого молниеотвода

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	От 0 до 100	$0.85h$	$1.2h$
	от 100 до 150	$0.85h$	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h-100)] h$
0,99	от 0 до 30	$0.8h$	$0.8 h$
	от 30 до 100	$0.8h$	$[0.8-1.43 \cdot 10^{-3}(h-30)] h$
	от 100 до 150	$[0.8-10^{-3}(h-100)]h$	$0.7h$
0,999	от 0 до 30	$0.7h$	$0.6h$
	от 30 до 100	$[0.7-7.14 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$	$[0.6-1.43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0.65-10^{-3}(h-100)]h$	$[0.5-2 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

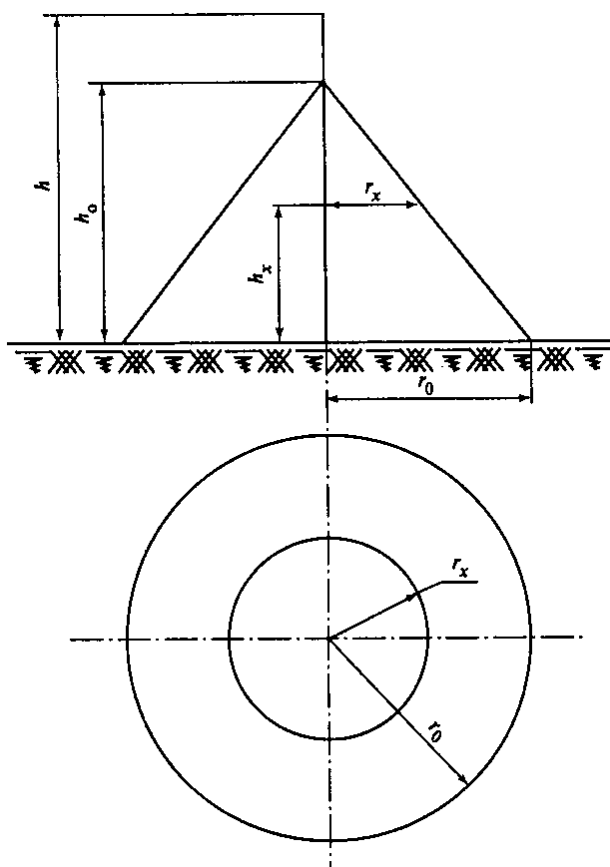


Рисунок 8.1. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Стандартные зоны защиты одиночного тросового молниеотвода высотой h ограничены симметричными двускатными поверхностями, образующими в вертикальном сечении равнобедренный треугольник с вершиной на высоте $h_0 < h$ и основанием на уровне земли $2r_0$ (рисунок 2).

Таблица 8.5 Расчет зоны защиты одиночного тросового молниеотвода

Надежность защиты P_z	Высота молниеотвода h , м	Высота конуса h_0 , м	Радиус конуса r_0 , м
0,9	от 0 до 150	$0.87h$	$1.5h$
0,99	от 0 до 30	$0.8h$	$0.95h$
	от 30 до 100	$0.8h$	$[0.95 - 7.14 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$0.8h$	$[0.9 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$
0,999	от 0 до 30	$0.75h$	$0.7h$
	от 30 до 100	$[0.75 - 4.28 \cdot 10^{-4}(h-30)]h$	$[0.7 - 1.43 \cdot 10^{-3}(h-30)]h$
	от 100 до 150	$[0.72 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$	$[0.6 \cdot 10^{-3}(h-100)]h$

Приведенные ниже расчетные формулы (табл. 3.5) пригодны для молниеотводов высотой до 150 м. При большей высоте следует пользоваться специальным программным обеспечением. Здесь и далее под h понимается минимальная высота троса над уровнем земли (с учетом провеса).

Полуширина r_x зоны защиты требуемой надежности (рисунок 2) а высоте h_x от поверхности земли определяется выражением 8.3

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0} \quad (8.3)$$

При необходимости расширить защищаемый объем к торцам зоны защиты собственно тросового молниеотвода могут добавляться зоны защиты несущих опор, которые рассчитываются по формулам одиночных стержневых молниеотводов, представленным в таблице 5. В случае больших провесов тросов, например, у воздушных линий электропередачи, рекомендуется рассчитывать обеспечиваемую вероятность прорыва молнии программными методами, поскольку построение зон защиты по минимальной высоте троса в пролете может привести к неоправданным запасам.

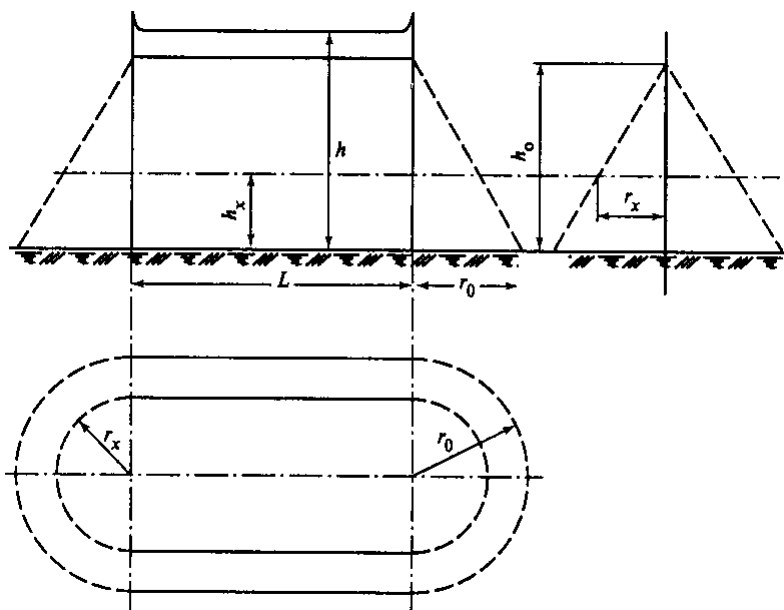


Рисунок 8.2. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода
 L — расстояние между точками подвеса тросов

2. Задания

Задание 1. Выполнить расчет молниезащиты для здания производственного назначения шириной S_3 , длиной L_3 и высотой h_3 отдельно стоящими молниеотводами с заданными типами заземлителей (в соответствии с методикой РД 34.21.122-87).

Известно удельное сопротивление грунта ρ . По условиям электромагнитной совместимости требуется соблюдение допустимых расстояний по воздуху от молниеотводов до здания (РД 34.21.122-87, п. 2.3).

Требуется:

1. Определить класс пожаро- или взрывоопасности здания.
2. Рассчитать ожидаемое количество поражений молнией в год защищаемого объекта.
3. Определить тип зон и категорию молниезащиты.
4. Рассчитать допустимое расстояние по воздуху от молниеотводов до здания.
5. Выбрать место расположения и тип молниеотводов на основе технико-экономического сравнения двух вариантов исполнения молниезащиты – с одиночным стержневым молниеотводом и с двойным стержневым молниеотводом.
6. Рассчитать зоны защиты молниеотводов для двух вариантов исполнения молниезащиты.
7. Начертить разрезы защищаемого объекта по линии расположения молниеотводов с указанием вертикальных сечений зон защиты для двух вариантов исполнения молниезащиты.
8. Начертить планы защищаемого объекта с указанием горизонтальных сечений зон защиты на высоте h_3 для двух вариантов исполнения молниезащиты.

Исходные данные для каждого варианта указаны в табл. 8.6.

Таблица 8.6 – Исходные данные

Вариант	Последняя цифра шифра				Предпоследняя цифра шифра		
	Назначение здания	S_3 , м	L_3 , м	h_3 , м	Расположение здания	ρ , Ом·м	Тип заземлителя молниеотвода
0	Подстанция закрытого типа	24	30	18	Новый Уренгой	890	Свайный куст из четырёх свай
1	Пункт перегрузки угля	12	24	18	Екатеринбург	250	Стальной стержневой
2	Цех деревообработки	18	30	7	Тюмень	80	Железобетонный подножник
3	Общеподстанционный пункт управления	15	36	12	Благовещенск	760	Железобетонная свая
4	Склад лакокрасочных материалов	6	18	6	Псков	30	Стойка железобетонной опоры
5	Маслохозяйство	12	24	12	Серов	280	Железобетонная свая
6	Комплектная трансформаторная подстанция	12	30	18	Сургут	600	Стальной стержневой
7	Цех окраски металлоконструкций	10	20	14	Мурманск	720	Железобетонный подножник
8	Пункт экипировки тепловозов	16	30	18	Пермь	70	Свайный куст из четырёх свай
9	Газораспределительная станция	6	12	6	Томск	440	Стойка железобетонной опоры

Методические указания к решению задачи

Определение класса пожаро- или взрывоопасных зон (табл. 8.7) для целей проектирования молниезащиты выполняется в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ, п. 7.3.40–7.3.46, 7.4.3–7.4.8).

Таблица 8.7

Определение класса пожаро- или взрывоопасных зон

Класс зон	Определение зон
В-I	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) в таком количестве и с такими свойствами, что они могут образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, находящихся в открытых емкостях, и т.п.
В-Ia	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей

Продолжение табл. 9.7

В-Іб	Зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальной эксплуатации взрывоопасные смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварий или неисправностей и которые отличаются одной из следующих особенностей: 1) горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом; 2) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода
В-Іг	Пространства у наружных технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеры), эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.
В-ІІ	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и с такими свойствами, что они способны образовать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных режимах работы, например, при загрузке и разгрузке технологических аппаратов
В-ІІа	Зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные для зон класса В-ІІ, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей
П-І	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С.
П-ІІ	Зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м ³ к объёму воздуха.
П-ІІа	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества
П-ІІІ	Расположенные вне помещения зоны, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С или твердые горючие вещества

Количество поражений молнией в год защищаемого объекта N для зданий и сооружений прямоугольной формы определяется по формуле

$$N = \left(\left(\frac{S_3}{3} + 6h \right) \cdot \left(\frac{L_3}{3} + 6h \right) - 7,7 \cdot h^2 \right) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (8.13)$$

где S_3 , L_3 и h_3 – соответственно ширина, длина и высота здания, м; n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км² земной поверхности в месте нахождения здания.

Значение n определяется исходя из среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания (табл. 2.8).

Среднегодовая продолжительность гроз определяется по средним многолетним (порядка 10 лет) данным метеостанции, ближайшей от места нахождения здания или сооружения.

Выбор типа зон и категории молниезащиты зависит от назначения здания и сооружения, его размеров и местоположения (табл. 2.9)

Таблица 8.8

Определение среднегодового числа ударов молнии

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Среднегодовое число ударов молнии в 1 км ² земной поверхности
от 10 до 20	1
от 20 до 40	2
от 40 до 60	4
от 60 до 80	5,5
от 80 до 100	7
100 и более	8,5

Таблица 8.9

Определение типа зон и категории молниезащиты зданий производственного назначения

Здания и сооружения	Местоположение	Тип зоны	Категория
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов В-I и В-II	На всей территории РФ	Зона А	I
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов В-Iа, В-Iб, В-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	При $N > 1$ – зона А, при $N \leq 1$ – зона Б	II
Наружные установки, создающие зону класса В-Iг	На всей территории РФ	Зона Б	II
Здания и сооружения или их части, помещения которых относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $N > 2$ – зона А, при $N \leq 2$ – зона Б	III
Наружные установки и открытые склады, создающие согласно ПУЭ зону классов П-III	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	При $N > 2$ – зона А, при $N \leq 2$ – зона Б	III

Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого молниеотвода определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта (п. 2.3 РД 34.21.122-87).

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B , м, равно:

1) при $\rho < 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ для заземлителя любой конструкции $S_B = 3 \text{ м}$;

2) при $100 < \rho \leq 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$:

– для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглублённой стойки железобетонной опоры, $S_B = 2 + \rho \cdot 0,01$;

– для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай либо подножников, расположенных в углах прямоугольника на расстоянии 3–8 м один от другого, или железобетонного фундамента произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м^2 или искусственных заземлителей, $S_B = 4 \text{ м}$.

Для зданий и сооружений большей высоты определенное выше значение S_B должно быть увеличено на 1 м в расчёте на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Выбор места расположения, высоты, типа, количества молниеотводов производится исходя из определённого значения S_B , размеров здания и заданного типа фундаментов молниеотводов на основе технико-экономического сравнения различных вариантов исполнения молниезащиты. При отсутствии сметной стоимости строительства молниеотводов и оценки эксплуатационных затрат технико-экономическое сравнение различных вариантов исполнения молниезащиты допускается выполнять по расходу стали. При проектировании рекомендуется использование типовых строительных конструкций (табл. 8.10), которое позволит значительно снизить стоимость конструкций, избежать трудозатрат проектной организации по оформлению заданий заводам и выполнению патентных исследований.

Таблица 8.10

Номенклатура типовых строительных конструкций молниеотводов

Типовой проект	Материал опорных конструкций	Наименование молниеотвода	Высота молниеотвода h , м	Расход стали, кг
Серия 3.407.9-172, СевЗапЭнергосетьпроект, г. Санкт-Петербург	Железобетон	МЖ-24,3	24,3	218
		МЖ-27,1	27,05	218
		МЖ-30,6	30,55	210
	Сталь	МС-31,7	31,74	1809
		МС-37,0	37,04	2407
		МС-40,2	40,24	2853

Продолжение табл. 8.10

Типовой альбом А31-95, ВНИПИ "Тяжпром- электропроект" им. Ф.Б. Якубовского, г. Москва	Сталь	СМ-15	15	1217
		СМ-20	20	1709
		СМ-25	25	2317
		СМ-30	30	2837
		СМ-35	35	3565
		СМ-40	40	4633
		СМ-45	45	5633
		СМ-50	50	6359
		СМ-55	55	7489
		СМ-60	60	8253
		СМ-65	65	9897
		СМ-70	70	10965
		СМ-75	75	12667

Выбор места расположения, количества молниеотводов и их высоты осуществляется методом подбора из представленной номенклатуры.

Необходимо рассмотреть два варианта исполнения молниезащиты – с одиночным стержневым молниеотводом и с двойным стержневым молниеотводом. Для каждого варианта исполнения молниезащиты следует рассчитать расход стали, критерий выбора варианта исполнения молниезащиты – минимальный расход стали.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представлена на рис. 2.5, расчёт её параметров для зон А и Б – в табл. 2.11.

Таблица 8.11

Параметры зон защиты одиночного стержневого молниеотвода

Расчётный параметр, м	Зона защиты	
	А	Б
h_0	$0,85 \cdot h$	$0,92 \cdot h$
r_0	$h \cdot (1,1 - 0,002 \cdot h)$	$1,5 \cdot h$
r_x	$\frac{1,1 - 0,002 \cdot h}{h - \frac{h_x}{0,85}}$	$1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$

Зона защиты двойного стержневого молниеотвода представлена на рис. 2.6, расчёт её параметров для зон А и Б – в табл. 8.12.

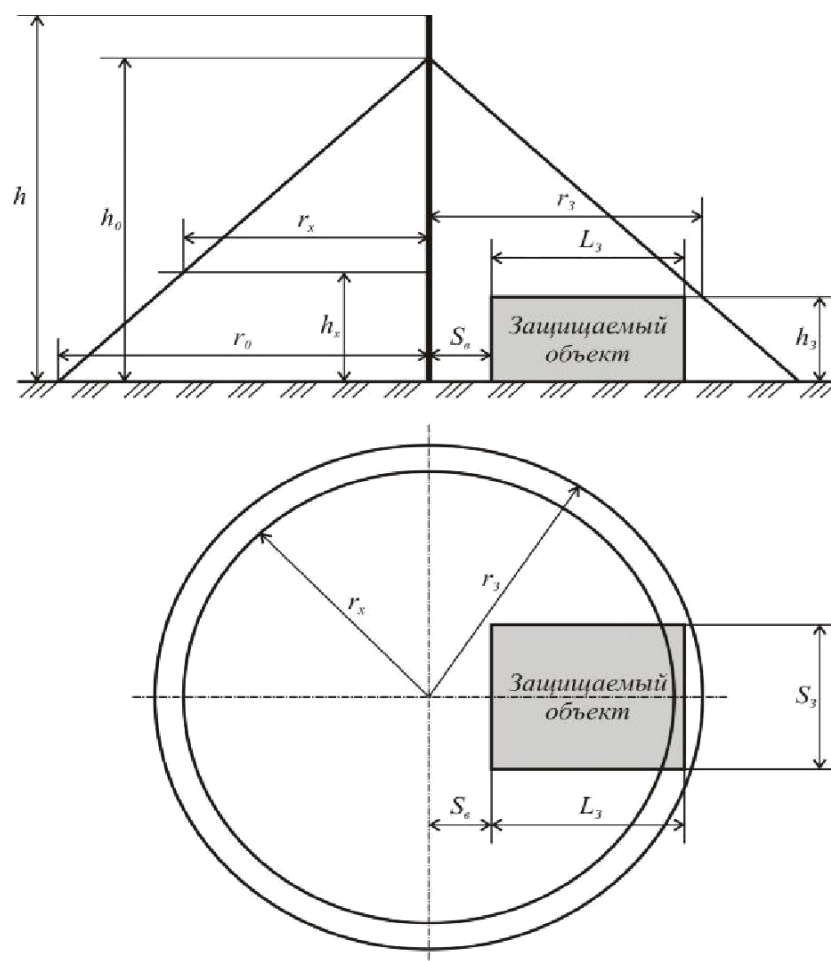


Рис. 8.5. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода

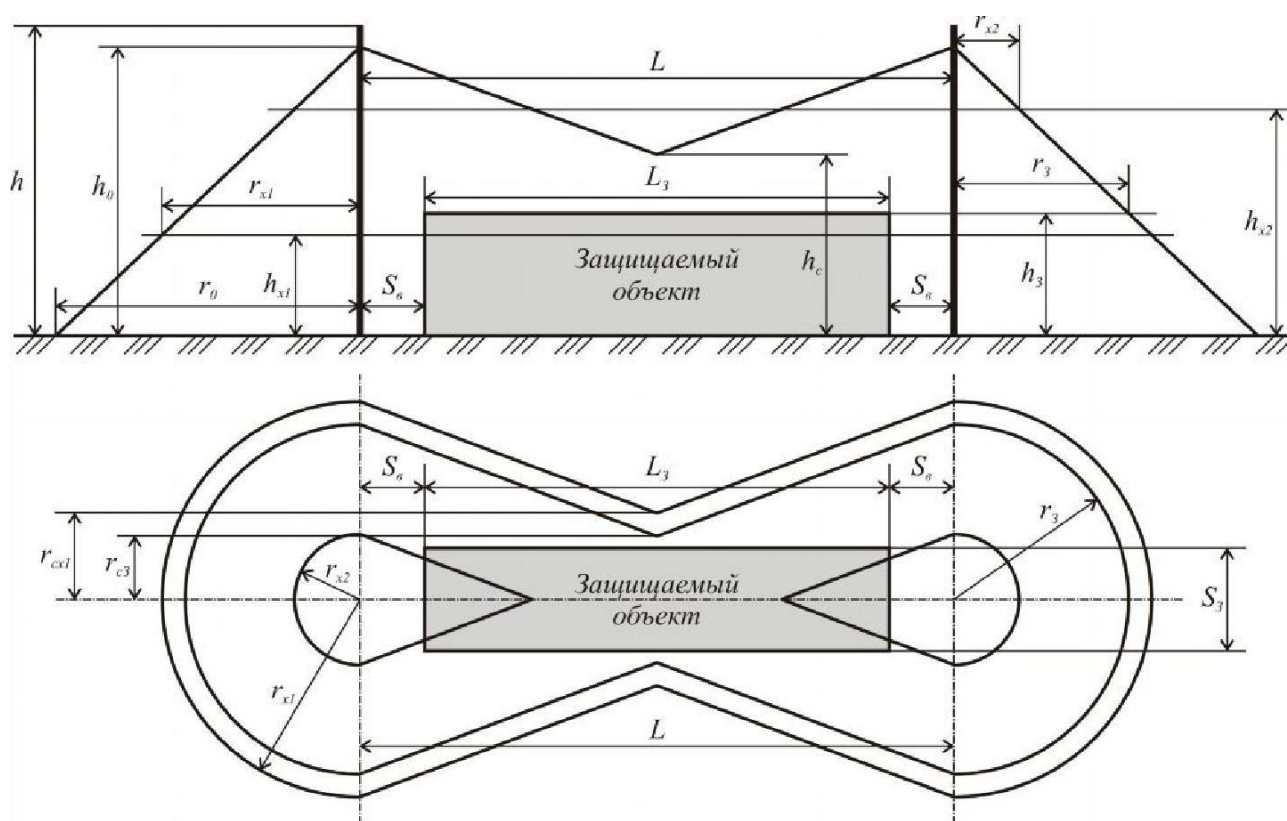


Рис. 8.6. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода

Таблица 8.12

Параметры зон защиты двойного стержневого молниеотвода

Расчет- ный па- раметр, м	Зона защиты			
	А		Б	
	$L \leq h$	$h < L \leq 4h$	$L \leq h$	$h < L \leq 6h$
h_0	$0,85 \cdot h$		$0,92 \cdot h$	
r_0	$h \cdot (1,1 - 0,002 \cdot h)$		$1,5 \cdot h$	
r_x	$\frac{1,1 - 0,002 \cdot h}{h - \frac{h_x}{0,85}}$		$1,5 \cdot \left(h - \frac{h_x}{0,85} \right)$	
h_c	$h_0 - (0,17 + 0,0003 \cdot h) \cdot (L - h)$		h_0	$h_0 - 0,14 \cdot (L - h)$
r_{cx}	$\frac{r \cdot (h - h_c)}{h_c}$	$r_0 \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot (L - 2h)}{h} \right) \cdot \frac{(h - h_c)}{h_c}$	r_x	$\frac{r \cdot (h - h_c)}{h_c}$
Примечание. При расстоянии между молниеотводами $L > 4h$ для построения зоны А или $L > 6h$ для построения зоны Б молниеотводы следует рассматривать как одиночные.				

3. Список рекомендуемой литературы

3.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил., - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

3.2 Дополнительная литература

1. Мaстрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мaстрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Практическое занятие № 9

Проектирование средств взрыво- и пожарозащиты

1. Теоретическая часть

Комплекс мер взрыво- и пожаропредупреждения и защиты включает:

1) технологические мероприятия

-установление "безопасного" технологического регламента, при выполнении которого "опасные" параметры (давление, температура, концентрации) не могут приблизиться к границе устойчивости процесса;

-сужение концентрационных пределов воспламенения путем введения флегматизаторов;

-перевод периодического или полунепрерывного процесса в непрерывный, так как облегчается автоматизация;

-герметизация и вакуумирование оборудования, снижение летучести пыли или обеспыливание аппаратов и помещения; взрывозащищенное электрооборудование.

2) строительные мероприятия

-монтаж взрывоопасного оборудования на открытой площадке или отдельном здании;

-отделение опасного оборудования от другого стеной, выдерживающей давление взрыва;

-наличие в здании вышибаемых взрывом проемов (остекленные части здания, двери, распашные ворота, легкопанельные стены, легкие сбрасываемые крыши).

3) ограничение и подавление взрывов и пожаров, основанные на охлаждении, инертизации и ингибировании горения.

Системы автоматической защиты (пожаро- и взрывопредупреждения и подавления) состоят из трех основных функциональных частей:

- датчиков, воспринимающих изменение параметров технологического режима или воздуха производственных помещений или реагирующих на определенный параметр взрыва или пожара (давление, температуру, тепловую радиацию), которые передают сигнал на исполнительные устройства;

- исполнительных устройств, ликвидирующих аварийную ситуацию (например, обеспечивающих диспергирование вещества,

- тушащего пламя) или приводящих параметр технологического процесса или воздуха производственного помещения к нормальному уровню (например, включают аварийную вентиляцию);

- логических устройств, принимающих сигналы и координирующих действия исполнительных устройств с показаниями датчиков и сигнализацией.

Автоматические системы пожаро- и взрывоподавления подразделяются на системы предупреждения, локализации и подавления.

Системы предупреждения бывают двух видов: возвращающие процесс в режим нормального функционирования (подача "жесткого" хладагента при нарушении температурного процесса; прекращение подачи одного или нескольких компонентов при нарушении расхода или соотношения реагентов; стравливание избыточного давления; подключение дополнительного технологического оборудования, например, отвод газообразных продуктов из аппарата через ловушку) и прекращающие процесс (сброс реакционной массы в специальную емкость, заполненную разбавителем; подача в реактор разбавителя или хладагента, резко затормаживающие процесс и делающие невозможным дальнейшее использование реакционной массы).

Системы локализации приводятся в действие при возникновении пожара и угрозе разрушения технологического оборудования и здания от избыточного давления, принцип действия которых основан на срабатывании устройств

разгерметизации (предохранительных мембран и клапанов, защитных проемов), инерттизации (подачи флегматизирующих инертных разбавителей) и пожаротушения (огнепреградителей, пламеотсекателей или подачи огнетушащих веществ).

Системы подавления, использующиеся для защиты замкнутых технологических аппаратов, обеспечивают быстрое введение распыленного огнетушащего вещества (воды, фреона), прекращающего дальнейший процесс развития пожара и взрыва.

Определение количества и мест установки датчиков систем пожаро- и взрывопредупреждения в производственных помещениях

Площадь помещения (S_d), контролируемую одним датчиком пожаро- и взрывопредупреждения, расположенным в зоне вероятного источника утечки или поступления горючих газов, определяют по формуле:

$$S_d \leq 0,05 \cdot K_c \cdot B^2 \cdot C_{\text{нkpв}} / [0,2 \cdot C_{\text{пдвк}} \cdot (1 - C_{\text{нkpв}})], \quad (9.1)$$

где K_c – коэффициент, характеризующий неравномерность распределения газов по объему помещения при диффузионных процессах их перемещения, принимается по таблице приложения;

B – ширина помещения, м (задается преподавателем);

$C_{\text{нkpв}}$ – нижний концентрационный предел воспламенения газов и паров, принимается по таблице приложения;

$C_{\text{пдвк}}$ – предельно допустимая взрывобезопасная (невоспламеняемая) концентрация газов и паров, принимается по таблице приложения;

0,05 – доля свободного объема помещения, где установится концентрация газа на уровне $C_{\text{нkpв}}$.

Число (N_d) датчиков систем пожаро- и взрывопредупреждения для всего объема помещения рассчитывается по уравнению:

$$N_d > S_{\Gamma}/S_d \quad (9.2)$$

Расстояние (L_d) между датчиками находят по формуле:

$$L_d < (S_d \cdot \pi)^{0,5}, \text{ где } \pi = 3,14 \quad (9.3)$$

При наличии в помещениях приемков, углублений или траншей, куда возможно затекание взрывоопасной смеси, следует дополнительно устанавливать датчики систем пожаро- и взрыво-предупреждения, включая их в общую схему управления и сиг-нализации. Оптимальное число датчиков системы пожаро- и взрывопредупреждения для многоярусного объекта контроля опре-деляют как произведение числа ярусов на количество датчиков в одном ярусе.

Датчики систем пожаро- и взрывопредупреждения следует размещать по высоте помещения, исходя из соотношения моляр-ных масс воздуха и горючих газов и паров с учетом поправки на температуру (рис.2).

Для горючих газов и паров, молярная масса которых мень-ше молярной массы воздуха, высоту (h_0) подвески датчика систе-мы взрывопредупреждения от перекрытия помещения следует определять по формуле:

$$h_0 = (H - H_0) \cdot M \cdot T_{\text{в}} / (M_{\text{в}} \cdot T), \quad (9.4)$$

где H и H_0 - высота производственного помещения и высота расположения вероятного источника утечки горючего газа или пара, м; M и $M_{\text{в}}$ - молярная масса горючего газа или пара и возду-ха, соответственно, г/моль; T и $T_{\text{в}}$ - температура горючего газа и воздуха, соответственно, К. Для горючих газов и паров, молярная масса которых больше молярной массы воздуха, высоту (h_0) раз-мещения датчиков от пола помещения следует определять по формуле:

$$h_0 = H_0 \cdot M_{\text{в}} \cdot T / (M \cdot T_{\text{в}}) \quad (9.5)$$

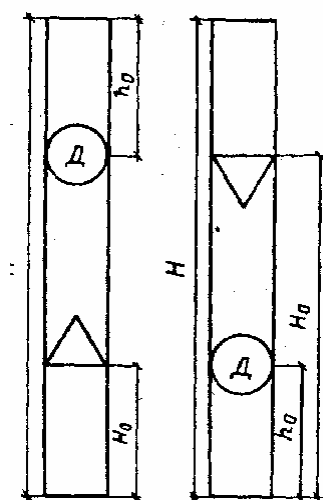


Рисунок 9.1 - Расположение датчиков (Д) по высоте помещения: а – $M < M_B$; б – $M > M_B$

При нескольких разновысоких источниках утечки принимают среднеарифметическое значение суммы их высот.

Молярная масса воздуха $M_B = 28,96$ г/моль. Молярную массу индивидуальных веществ, смесей и технических продуктов принимают по таблице.

Молярную массу ($M_{см}$) бинарных смесей газов следует определять по формуле:

$$M_{см} = M_1 \cdot M_2 / [M_2 + (M_1 - M_2) \cdot C_2] \quad (9.6)$$

где M_1 и M_2 - молярная масса легкого и тяжелого газа, соответственно, г/моль; C_2 - концентрация более тяжелого газа.

При наличии многокомпонентных смесей веществ высоту расположения первичных преобразователей информации следует рассчитывать по преобладающему компоненту в смеси, когда компоненты смеси близки по своим показателям пожаро- и взрывоопасности. В противном случае высоту

расположения первичных преобразователей информации необходимо рассчитывать по компоненту смеси с наименьшим значением $C_{\text{НКПВ}}$.

ПРИМЕР РАСЧЕТА.

Пример 1 Рассчитать количество датчиков пожаропредупреждения, а также изменение количества датчиков от площади помещения.

Исходные данные для расчета:

- пожароопасное вещество – бензин марки АИ-93;
- $C_{\text{НКПВ}} = 0,0106$ мольная доля (м.д.); $C_{\text{ПДВК}} = 0,0053$ м.д.; $K_c = 3,45$ (из таблицы приложения).
- ширина ($B=5$ м) и длина ($L=4-40$ м) производственного помещения (по заданию преподавателя).

Расчет площади помещения (S_d), контролируемой одним датчиком, ведем по уравнению (1); а количества датчиков – по уравнению (9.2). Рассчитанное количество датчиков округляем до целого, в сторону увеличения. Результаты расчетов приведены в табл.1.

Таблица 9.1 - Количество датчиков взрыво- и пожаропредупреждения, необходимых для размещения на производственной площади

Длина помещения (L), м	Площадь помещения (S_r), м ²	Площадь, контролируемая датчиком (S_d), не более, м ²	Количество датчиков (N_d)	Расстояние между датчиками (L_d), не более, м
4	20	43	1	----
10	50	43	2	11,6
40	200	43	5	11,6

Размещение датчиков по производственной площади (по заданию преподавателя) производят согласно рис.8.3 с учетом диаметра площади, контролируемой датчиком, и расстоянием между датчиками. Таким образом, количество датчиков взрыво- и пожаропредупреждения не зависит от высоты помещения, а определяется только величиной производственной площади.

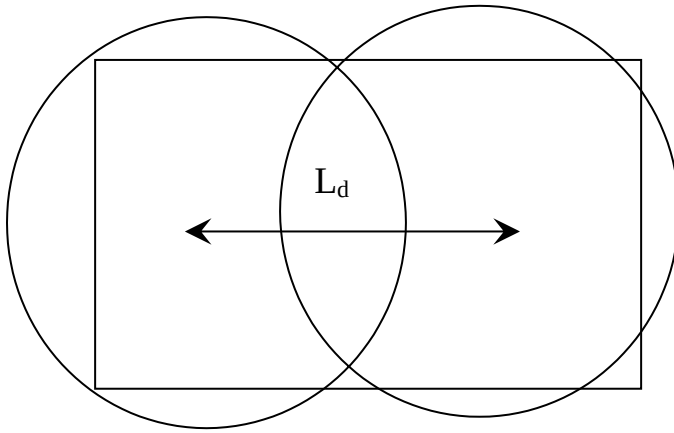


Рис. 9.3. Размещение двух датчиков на производственной площади ($B=5$ м; $L=10$ м; $L_d < 11,6$ м).

Пример 2. Рассчитать зависимость высоты размещения датчиков от возможной высоты утечки пожароопасного вещества (бензина марки АИ-93) и температуры окружающего воздуха.

Исходные данные для расчета:

- высота помещения – $H=5$ м;
- возможная высота утечки - $H_0=0-2$ м (по заданию преподавателя);
- температура окружающего воздуха – $T_v=273-303$ К (0-30 °С по заданию преподавателя);
- температура горючего вещества – $T=298$ К (25 °С).

Так как средняя молярная масса бензина АИ-93 больше средней молярной массы воздуха, то расчет ведем по уравнению

(5). Результаты расчетов приведены в табл. 9.2 и рис. 9.4.

Таблица 9.2 - Высота расположения датчиков в зависимости от возможной высоты утечки пожароопасного вещества и температуры окружающего воздуха

H_0 , м		0	0	0	0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$T_{\text{в}}$	С	0	10	20	30	0	10	20	30	0	10	20	30
	К	227	283	293	303	273	283	293	303	273	283	293	303
h_0 , м		0	0	0	0	0,32	0,31	0,30	0,29	0,64	0,62	0,60	0,58

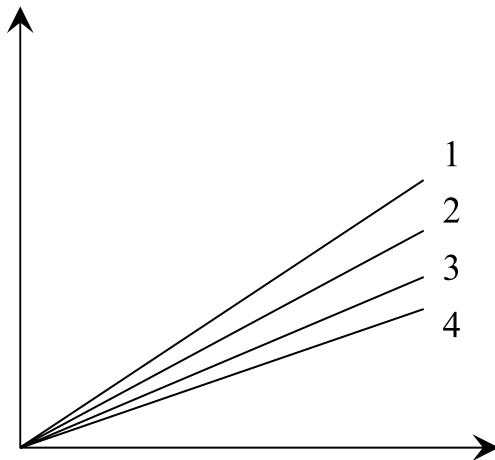


Рисунок 8.4. Зависимость высоты (h_0)установки датчиков от возможной высоты (H_0)утечки и температуры окружающего воздуха. $T_{\text{в}} = 0$ (1); 10 (2); 20 (3) и 30 (4) $^\circ\text{C}$

Таким образом, при температуре пожароопасного вещества, близкой к температуре окружающего воздуха основным фактором, определяющим пожарную безопасность, является прогнозирование возможной высоты утечки горючего вещества.

Таблица 9.3 - Значения показателей пожарной опасности индивидуальных веществ, смесей и технических продуктов

Вещество	М, кг/кмоль	С _{нkpв} , м.д.	С _{пдвк} , м.д.	К _с
1	2	3	4	5
1. н-Амилацетат	130,2	0,0108	0,008	4,44
2. Амилен	70,1	0,0149	0,010	2,84
3. н-Амиловый спирт	88,15	0,0148	0,0074	3,12
4. Аммиак	17,0	0,170	0,1232	1,07
5. Анилин	93,1	0,0132	0,00964	3,36
6. Ацетальдегид	44,1	0,0412	0,0327	1,65
7. Ацетилен	26,0	0,025	0,0125	1,01
8. Ацетон	58,0	0,0291	0,0194	1,73
9. Бензол	78,1	0,0143	0,0104	2,59
10. Бутадиен-1,3	54,1	0,0202	0,0156	2,32
11. н-Бутан	58,1	0,0178	0,0145	3,12
12. Бутен-1	56,1	0,0181	0,0130	2,34
13. транс-Бутен-2	56,1	0,0185	0,0103	2,34
14. н-Бутилацетат	116,2	0,0143	0,00715	3,88
15. н-Бутиловый спирт	74,1	0,0181	0,00905	2,91
16. Водород	2,0	0,0409	0,0330	1,83
17. Винилхлорид	62,5	0,040	0,0294	1,84
18. н-Гексадекан	226,5	0,0047	0,0030	8,09
19. н-Гексан	86,2	0,0124	0,010	3,10
20. н-Гексиловый спирт	102,2	0,0123	0,00898	3,65
21. н-Гептан	100,2	0,0107	0,00866	3,50
22. Гидразин	32,1	0,047	0,0235	1,07

23. Глицерин	92,1	0,0309	0,0155	2,61
24. н-Декан	142,3	0,0076	0,00613	4,73
25. Дивиниловый эфир	70,1	0,020	0,0121	2,56
26. Диметиловый эфир	46,1	0,0349	0,0145	1,69
27. Диметилформамид	73,1	0,0235	0,0181	2,20
28. Диоксан-1,4	88,1	0,0214	0,0125	2,72
29. 1,2-Дихлорэтан	98,96	0,046	0,0246	2,52
30. Диэтиламин	73,1	0,0177	0,0098	3,00
31. Диэтиловый эфир	74,1	0,0190	0,0146	2,56
32. н-Додекан	170,3	0,0064	0,0061	4,66
33. Изобутан	58,1	0,0181	0,015	2,31
34. Изобутилен	56,1	0,0178	0,0136	2,35
35. Изобутиловый спирт	74,1	0,0181	0,0091	2,62
36. Изопентан	72,1	0,0136	0,0103	2,81
37. Изопропилбензол	120,2	0,0093	0,0047	3,66
38. Изопропиловый спирт	60,1	0,0233	0,0127	2,29
38. мета-Ксилол	106,2	0,010	0,005	3,23
39. Метан	16,0	0,0528	0,0419	1,06
41. Метиловый спирт	32,1	0,067	0,0479	1,38
42. Метилпропилкетон	86,1	0,0149	0,0098	3,10
43. Нафталин	128,3	0,00906	0,00713	3,69
44. н-Нонан	128,3	0,00843	0,0068	4,60
45. Оксид углерода	28,0	0,125	0,0657	0,84
46. Оксид этилена	44,1	0,0366	0,0206	1,65
47. н-Октан	114,2	0,00945	0,00763	4,40
48. н-Пентадекан	212,4	0,00505	0,00337	7,65
49. н-Пентан	72,2	0,0147	0,0119	2,70

50. γ -Пиколин	93,1	0,0143	0,0114	2,77
51. Пиридин	79,1	0,0185	0,0120	2,43
52. Пропан	44,1	0,0231	0,0186	1,86
53. Пропилен	42,1	0,023	0,0174	1,88
54. н-Пропиловый спирт	60,1	0,0234	0,0148	2,24
55. Сероводород	34,1	0,040	0,0276	1,27
56. Сероуглерод	76,1	0,0133	0,00853	2,24
57. Стирол	104,2	0,0106	0,00803	3,20
57. Тетрагидрофуран	72,1	0,0178	0,00917	3,35
58. н-Тетрадекан	198,4	0,00542	0,00374	7,21
59. Толуол	92,1	0,0125	0,00893	2,77
60. н-Тридекан	184,4	0,00585	0,00418	6,77
61. 2,2,4-Триметилпентан	114,2	0,010	0,00763	5,19
62. Уксусная кислота	111,1	0,0333	0,0254	2,05
63. н-Ундекан	156,3	0,00692	0,00524	5,88
64. Формальдегид	30,0	0,070	0,0546	1,22
65. Фталевый ангидрид	148,1	0,0132	0,0101	3,91
66. Хлорбензол	112,6	0,014	0,0092	3,51
67. Хлорэтан	64,5	0,0392	0,0284	1,96
68. Циклогексан	84,2	0,0131	0,00749	3,15
69. Этан	30,1	0,0307	0,0242	1,47
70. Этилацетат	88,1	0,0228	0,0158	2,77
71. Этилбензол	106,2	0,0103	0,00652	3,23
72. Этилен	28,1	0,0311	0,026	0,612
73. Этиленгликоль	62,1	0,0429	0,0215	1,93
74. Этиловый спирт	46,1	0,0361	0,018	1,66
75. Этилцеллозольв	90,1	0,020	0,010	2,88

76. Бензин авиационный Б-70	102,2	0,0092	0,0046	3,75
77. Бензин АИ-93	98,2	0,0106	0,0053	3,45
78. Дизельное топливо	172,3	0,0061	0,00305	5,40
79. Керосин осветительный	191,7	0,0055	0,00275	5,75
80. Ксилол (смесь изомеров)	106,0	0,010	0,005	3,23
81. Уайт-спирит	147,3	0,007	0,0035	4,83
82. Масло трансформаторное	303,9	0,00291	0,00145	9,81
83. Масло АМТ-300Т	260,3	0,0043	0,00215	7,46
84. Растворитель РМЛ	55,2	0,0285	0,0143	1,93
85. Растворитель РМЛ-218	81,5	0,0172	0,0086	2,61
86. Растворитель РМЛ-215	95,0	0,0125	0,00625	2,99
87. Растворитель Р-4	81,7	0,016	0,008	2,62
88. Растворитель Р-12	99,5	0,0126	0,0063	3,06

2. Задания

Задание 1. Рассчитать количество датчиков пожаропреупреждения, а также изменение количества датчиков от площади помещения.

Исходные данные для расчета: пожароопасное вещество – по заданию преподавателя. Размеры помещения: 5 м , ширина 20 м – 60 м (по заданию преподавателя).

5. Список рекомендуемой литературы

5.1 Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. -

702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил., - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

5.2 Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,

2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Методические указания
по организации самостоятельной работы по дисциплине
«Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности»
студентов направления подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
направленность (профиль) Промышленная и пожарная безопасность
Учебный план 2026 года
Изучается во 2, 3 семестрах**

Ставрополь, 2026

Введение

При изучении дисциплины «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности » учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции практические, лабораторные), а также самостоятельная работа студентов (СРС) по изучению основной и дополнительной литературы, выполнение курсовой работы

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к лабораторным занятиям
- выполнение курсовой работы

В данных методических указаниях представлены рекомендации по организации самостоятельной работы по данным направлениям.

Оглавление

Введение	
1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности » ...	
2. План-график выполнения самостоятельной работы	
3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала.....	
4. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.....	
5. Методические указания по подготовке к лабораторным работам	
6. Методические указания по подготовке к экзамену	
7. Методические указания по выполнению курсовой работы.....	
Литература	

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности»

При изучении курса предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

1. Самостоятельное изучение материала по темам дисциплины (в соответствии с рабочей программой);
2. Подготовка к практическим занятиям;
3. Подготовка к лабораторным занятиям
4. Выполнение курсовой работы.

Самостоятельное изучение теоретического материала сочетает устную и письменную работу студента и организуется с целью формирования у студентов навыков поиска информации по определенной тематике, работы с текстовой информацией, выделения главного смыслового содержания текста и умения представить его краткое изложение в письменном виде, а также сформулировать теоретический ответ по рассматриваемому вопросу.

Данный вид работы способствует формированию следующих компетенций: ПК-1, ПК-2

3. План-график выполнения самостоятельной работы

№	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Срок изучения материалов
2 семестр		
1.	Объекты экономики. Транспортные коммуникации. Объекты энергетики. Территории и зоны возможного поражения людей	1-8 неделя
2.	Прогнозирование параметров опасных зон, масштабов и структуры зон поражения	9-14 неделя
3.	Нормативно-техническая база и процедура расчета и проектирования систем обеспечения	15-18 неделя
3 семестр		
4.	Общие принципы построения систем защиты. Виды систем защиты. Модели систем защиты	1-12 неделя
5.	Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности от физических факторов, пожароопасных систем	13-18 неделя

3. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

- При изучении дисциплины «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции, практические, лабораторные), а также самостоятельная работа студентов (СРС) по изучению основной и дополнительной литературы, выполнение курсовой работы, подготовка к экзамену.

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;

Оценка знаний с помощью собеседования

Проверка знаний материала лекционных, практических, лабораторных занятий проводится в форме собеседования. Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно. Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов и собеседованием.

Собеседование представляет собой не только одну из форм текущего контроля, но и одну из активных форм учебных занятий, проводимых как в виде беседы преподавателя со студентами, так и в виде семинара, посвященного обсуждению определенной темы. Целями собеседования являются: выяснение у студентов знаний, их углубление (повышение) и закрепление по той или иной теме курса; формирование у студентов навыков анализа теоретических проблем на основе самостоятельного изучения учебной и научной литературы. Основная задача собеседования – пробудить у студента стремление к чтению и использованию дополнительной литературы. На собеседование могут выносятся как проблемные (нередко спорные теоретические вопросы), так и вопросы, требующие самостоятельного изучения, а также более глубокой проработки. На самостоятельную подготовку к собеседованию студенту отводится 1-3 недели. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы и составление конспекта.

Данное оценочное мероприятия проводится на практических занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь. При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;

- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;
- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний.

Вопросы для собеседования

Базовый уровень

Тема 1: Объекты экономики. Устойчивость объектов экономики в ЧС. Транспортные коммуникации. Объекты энергетики. Территории и зоны возможного поражения людей

1. Изложите требования к планировке и размещению зданий и сооружений потенциально опасных промышленных производств и объектов.
2. Перечислите требования к размещению инженерных сетей объекта
3. Какова роль вертикальной планировки объекта в обеспечении безопасности?
4. Приведите особенности прогнозирования состояния промышленного объекта при действии обычных средств поражения
5. Какие особенности определения производственных возможностей объектов экономики ?
6. Какие существуют критерии оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности функционирования объекта экономики?
7. Приведите характеристику основных производственных фондов электроэнергетических объектов и систем.
8. В чем особенности оценки влияния основных производственных фондов на безопасность обеспечения электроэнергией
9. Изложите состав и содержание комплекса инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических сооружений

Тема 2: Прогнозирование параметров опасных зон, масштабов и структуры зон поражения

1. Какие существуют противопожарные меры при планировке и застройке категорированных городов ?
2. Изложите требования к защите населения от средств поражения.
3. Приведите основные виды и характеристики защитных сооружений

4. Приведите определение гидротехнических сооружений.
5. Как осуществляется защита территорий при проектировании гидротехнических объектов ?
6. Приведите классификацию гидротехнических сооружений
7. Приведите основные инженерные мероприятия по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений

Тема 3. Нормативно-техническая база и процедура расчета и проектирования систем обеспечения

1. Изложите особенности прогнозирования параметров поражения при аварийных ситуациях с ЛВЖ и ГЖ в помещениях и на открытом пространстве
2. Какие особенности прогнозирования параметров поражения при аварийных ситуациях с пылевоздушными смесями в помещениях и на открытом пространстве
3. В чем особенности прогнозирования параметров поражения при аварийных ситуациях с газовоздушными смесями в помещениях и на открытом пространстве

Тема 4. Общие принципы построения систем защиты. Виды систем защиты. Модели систем защиты.

1. Приведите определение гидротехнических сооружений.
2. Как осуществляется защита территорий при проектировании гидротехнических объектов ?
3. Приведите классификацию гидротехнических сооружений
4. Приведите основные инженерные мероприятия по безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений

Тема 5 Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности от физических факторов, пожароопасных систем

Изложите структуру паспорта безопасности

1. В чем сущность экспертизы промышленной безопасности
2. Как проводится государственная экспертиза проектной документации
3. Как осуществляется государственный надзор и контроль в области защиты населения и территорий в ЧС
4. Изложите структуру декларации безопасности
5. Приведите особенности технического регулирования
6. Приведите виды технических регламентов, относящихся к системам обеспечения безопасности

Повышенный уровень

Тема 1: Объекты экономики. Устойчивость объектов экономики в ЧС. Транспортные коммуникации. Объекты энергетики. Территории и зоны возможного поражения людей

1. Изложите требования к размещению подземных, наземных и надземных сетей объекта
2. Приведите основные инженерно-технические мероприятия для обеспечения безопасности категоризованных объектов

Тема 2. Прогнозирование параметров опасных зон, масштабов и структуры зон поражения

1. Изложите критерии оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности функционирования объекта экономики

Тема 3. Нормативно-техническая база и процедура расчета и проектирования систем обеспечения

1. Проведите сравнительный анализ различных методик прогнозирования последствий ЧС

Тема 4. **Общие принципы построения систем защиты. Виды систем защиты.**

Модели систем защиты

1. В Чем особенности оценки безопасности электроэнергетических систем?
2. Как проектируются мероприятия по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений?

Тема 7. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности от физических факторов, пожароопасных систем

1. В чем особенности современной нормативно-правовой базы расчета и проектирования систем обеспечения безопасности

4. Методические указания по подготовке к практическим занятиям

При подготовке к практическим занятиям рекомендуется изучить контрольные вопросы по данному занятию, теоретический материал, изложенный в методических указаниях

В отчете о практической работе должны быть отражены следующие разделы:

1. Номер занятия.
2. Название практической работы.
3. Цель работы.
4. Теоретический материал.
5. Решение заданий
6. Выводы.

5 . Методические указания по подготовке к лабораторным работам

Подготовка к лабораторной работе проводится студентами самостоятельно перед занятием. Данный вид деятельности включает:

- ознакомление с методическими указаниями к лабораторной работе;
- изучение (повторение) темы дисциплины, по которой планируется выполнение работы, ознакомление с теоретической частью работы;
- теоретическое изучение лабораторного оборудования;
- подготовка отчета;
- подготовка ответов на вопросы к защите работы.

Содержание отчета и его форма приводятся в методических указаниях к работе. Защита работы проводится при наличии оформленного отчета после выполнения работы. Отчет может быть отправлен на доработку в случае неверного его оформления, отсутствия результатов выполнения работы, выводов и предложений.

Основанием для снижения оценки является отсутствие или неверное представление расчетов, неточное изложение теоретического материала при защите работы.

6. Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Особенности заданий базового уровня состоят в том, что студент способен объяснять и применять в предлагаемом контексте термины и понятия курса; анализировать и классифицировать информацию, представленную схематически; соотносить текстовую информацию со знаниями курса.

Особенности заданий повышенного уровня состоят в том, что студент, владеющей информацией на повышенном уровне может раскрывать теоретические положения на

конкретных примерах, решать проблемные задачи, используя теоретические знания; самостоятельно находить информацию, необходимую для формулирования собственных суждений; критически воспринимать информацию, получаемую из текстовых источников, аргументировать собственную позицию, подтверждая её адекватными примерами из курса дисциплины, смежных учебных дисциплин и собственного жизненного опыта.

Вопросы к экзамену

Базовый уровень

1. Характеристики возможных разрушений зданий при воздействии ударной волны. Способы повышения устойчивости зданий.
2. Зоны поражения технологического оборудования. Защита технологического оборудования.
3. Особенности прогнозирования состояния промышленного объекта при действии обычных средств поражения
4. Мероприятия и технические решения по повышению взрывобезопасности зданий
5. Селитебная территория. Уровни структурной организации. Транспортная система города. Инженерная система города.
2. Планировка и размещение зданий и сооружений потенциально опасных промышленных производств и объектов.
7. Транспортные коммуникации объекта. Вертикальная планировка. Размещение инженерных сетей. Подземные сети. Благоустройство. Наземные сети. Надземные сети.
8. Классификация зон возможных разрушений, радиоактивного и химического заражения территорий
9. Противопожарные меры при планировке и застройке категорированных городов. Особенности транспортной сети категорированных городов
10. Требования к защите населения от средств поражения. Защитные сооружения.
11. Аварии на гидротехнических сооружениях. Причины и виды гидродинамических аварий. Последствия гидродинамических аварий и меры защиты населения.
12. Декларация безопасности промышленного объекта. Структура. Основные требования. Правила составления. Пересмотр.
13. Государственная экспертиза проектной документации
14. Государственный надзор и контроль в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций
15. Паспорт безопасности объекта экономики и территории как документ, отражающий устойчивость функционирования объекта и территории.

Примерная тематика задач

1. Оценка состояния зданий, технологического оборудования после аварии со взрывом.
2. Оценка производственных возможностей предприятия после аварии
3. Оценка состояния объекта экономики после взрыва конденсированных взрывчатых веществ
4. Оценка состояния объекта экономики при взрыве газовоздушных смесей в открытой атмосфере
5. Оценка состояния объекта экономики при взрыве газовоздушных смесей в замкнутых объемах
6. Расчет систем обеспечения электробезопасности

Повышенный уровень

1. *Производственные технологические процессы, представляющие опасность для персонала, населения и производства. Технические системы, работающие под давлением.*
2. *Производственные системы, образующие пылевоздушные смеси. Взрывы и пожары на технологических установках, являющиеся источниками образования и распространения токсичных веществ*
3. *Оценка устойчивости химически и радиационно опасных объектов. Основные*

мероприятия по защите химически и радиационно опасных объектов от террористических актов.

4. *Определение гидротехнических сооружений. Классификация гидротехнических сооружений.*

5. *Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству, приемке в эксплуатацию и к эксплуатации опасного производственного объекта.*

2. *Государственный надзор в области промышленной безопасности*

7. *Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности.*

8. *Страхование природных и техногенных рисков*

9 *Техническое регулирование. Технические регламенты, виды.*

8. *Аудит безопасности как механизм регулирования безопасности объекта*

9. *Состав и содержание комплексов инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических сооружений*

10. *Транспортные коммуникации. Территории и зоны возможного поражения людей*

11. *Основы определения производственных возможностей объектов экономики и выбор мероприятий по повышению безопасности их функционирования в ЧС*

12. *Критерии оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности функционирования объекта экономики*

Примерная тематика задач

1. *Вероятностная оценка последствий аварий на опасных объектах*

2. *Расчет систем защиты от повышенного давления*

3. *Расчет дренажной установки пожаротушения для осаждения химических веществ*

4. *Расчет взрыворазрядителей*

7. Методические указания по выполнению курсовой работы

Оценочные средства для курсовой работы

1. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (для каждого вида деятельности, предусмотренного образовательной программой)

Направление деятельности	Примерная тематика
	1. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности аммиачной компрессорной 2. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ 3. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ 4. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности с силосной башни элеватора 5. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа 6. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности объекта транспортировки газа 7. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности хлораторной 8. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции 9. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ 10. Расчёт и проектирование системы обеспечения безопасности склада зерна

2. Тематика работы утверждается на заседании выпускающей кафедры. Количество разделов в курсовой работе и структура работы определяется кафедрой. Структура единая для всех студентов группы.

Раздел 1 *Теоретическая часть. Особенности оценки систем обеспечения безопасности на*

объекте

Раздел 2. Идентификация факторов производственной опасности, характерных для данного производства

Раздел 3. Количественная оценка пространственных масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на рассматриваемом и соседних объектах

Раздел 4 Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности исследуемого объекта

Раздел 5 Указания на технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений

Раздел 1 Теоретическая часть. Особенности оценки систем обеспечения безопасности на объекте

Уровень обуче- ности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части							
		Профессиональные компетенции							
Знать	Задание 1. Существующие системы обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Существующие системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Существующие системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Существующие системы обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Существующие системы обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Существующие системы обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Существующие системы обеспечения безопасности хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Существующие системы обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Существующие системы обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Существующие системы обеспечения безопасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Уметь	Задание 1. Анализировать системы обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Анализировать системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Анализировать системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Анализировать системы обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	

	Задание 5. Анализировать системы обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Анализировать системы обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Анализировать системы обеспечения безопасности хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Анализировать системы обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Анализировать системы обеспечения безопасности объекта хранения и отпуса ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Анализировать системы обеспечения безопасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Владеть	Задание 1. Методами оценки систем обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Методами оценки систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Методами оценки систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Методами оценки систем обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Методами оценки систем обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Методами оценки систем обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Методами оценки систем обеспечения безопасности хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Методами оценки систем обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Методами оценки систем обеспечения безопасности объекта хранения и отпуса ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Методами оценки систем обеспечения безопасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	

Графический материал (при необходимости) — нет _____

Раздел 2 Идентификация факторов производственной опасности, характерных для данного производства

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части	
		Профессиональные компетенции	

Знать	Задание 1. Основные факторы производственной опасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Основные факторы производственной опасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Основные факторы производственной опасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Основные факторы производственной опасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Основные факторы производственной опасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Основные факторы производственной опасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Основные факторы производственной опасности хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Основные факторы производственной опасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Основные факторы производственной опасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Основные факторы производственной опасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Уметь	Задание 1. Определять количественные параметры факторов производственной опасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Определять количественные параметры факторов производственной опасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Определять количественные параметры факторов производственной опасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Определять количественные параметры факторов производственной опасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Определять количественные параметры факторов производственной опасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Определять количественные параметры факторов производственной опасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Определять количественные параметры факторов производственной опасности	1	2	4	6	13	19	21	

	хлораторной								
	Задание 8. Определять количественные параметры факторов производственной опасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Определять количественные параметры факторов производственной опасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Определять количественные параметры факторов производственной опасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Владеть	Задание 1. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Приемами системного анализа для оценки факторов производственной опасности склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	

Графический материал логические графы разного типа

Раздел 3. Количественная оценка пространственных масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на рассматриваемом и соседних объектах

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части							
		Профессиональные компетенции							
Знать	Задание 1. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Методики количественной оценки	1	2	4	6	13	19	21	

	масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия дожимной компрессорной станции								
	Задание 9. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Методики количественной оценки масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Уметь	Задание 1. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия силосной башни элеватора	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 5. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих	1	2	4	6	13	19	21	

	факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта транспортировки газа								
	Задание 7. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Проводить количественную оценку масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	
Владеть	Задание 1. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на аммиачной компрессорной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 3. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия резервуарного парка с ГЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 4. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного	1	2	4	6	13	19	21	

	происшествия силосной башни элеватора								
	Задание 5. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта подготовки природного газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 2. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта транспортировки газа	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 7. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия хлораторной	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 8. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия дожимной компрессорной станции	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 9. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2	4	6	13	19	21	
	Задание 10. Приемами анализа результатов оценки масштабов действия полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия склада зерна	1	2	4	6	13	19	21	

Графический материал (при необходимости) – нет _____

Раздел 4 Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности исследуемого объекта

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части							
		Профессиональные компетенции							
Знать	Задание 1. Методы расчета систем обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Методы расчета систем обеспечения безопасности резервуарного	1	2			13	19	21	

	парка с ЛВЖ								
	Задание 3. Методы расчета систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 4. Методы расчета систем обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2			13	19	21	
	Задание 5. Методы расчета систем обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Методы расчета систем обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2			13	19	21	
	Задание 7. Методы расчета систем обеспечения безопасности хлораторной	1	2			13	19	21	
	Задание 8. Методы расчета систем обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2			13	19	21	
	Задание 9. Методы расчета систем обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 10. Методы расчета систем обеспечения безопасности склада зерна	1	2			13	19	21	
Уметь	Задание 1. Проектировать системы обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Проектировать системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 3. Проектировать системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 4. Проектировать системы обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2			13	19	21	
	Задание 5. Проектировать системы обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Проектировать системы обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2			13	19	21	
	Задание 7. Проектировать	1	2			13	19	21	

	системы обеспечения безопасности хлораторной								
	Задание 8 Проектировать системы обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2			13	19	21	
	Задание 9. Проектировать системы обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 10. Проектировать системы обеспечения безопасности склада зерна	1	2			13	19	21	
Владеть	Задание 1. Приемами расчета систем обеспечения безопасности аммиачной компрессорной	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Приемами расчета систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 3. Приемами расчета систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 4. Приемами расчета систем обеспечения безопасности силосной башни элеватора	1	2			13	19	21	
	Задание 5. Приемами расчета систем обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа	1	2			13	19	21	
	Задание 2. Приемами расчета систем обеспечения безопасности объекта транспортировки газа	1	2			13	19	21	
	Задание 7. Приемами расчета систем обеспечения безопасности хлораторной	1	2			13	19	21	
	Задание 8. Приемами расчета систем обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции	1	2			13	19	21	
	Задание 9. Приемами расчета систем обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ	1	2			13	19	21	
	Задание 10. Приемами расчета систем обеспечения безопасности склада зерна	1	2			13	19	21	

Графический материал (при необходимости) – схема системы обеспечения безопасности _____

Раздел 5 Указания на технико-экономическое обоснование принимаемых инженерных решений

Уровень обученности	Формулировка задания	Контролируемые компетенции или их части							
		Профессиональные компетенции							
Знать	Задание 1. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности аммиачной компрессорной			4	6				
	Задание 2. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ			4	6				
	Задание 3. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ			4	6				
	Задание 4. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности силосной башни элеватора			4	6				
	Задание 5. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа			4	6				
	Задание 2. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности объекта транспортировки газа			4	6				
	Задание 7. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности хлораторной			4	6				
	Задание 8. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции			4	6				
	Задание 9. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ			4	6				
	Задание 10. Приемы технико-экономического обоснования систем обеспечения безопасности склада зерна			4	6				
Уметь	Задание 1. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности аммиачной компрессорной			4	6				
	Задание 2. Проводить			4	6				

	экономическую оценку системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ								
	Задание 3. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ			4	6				
	Задание 4. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности силосной башни элеватора			4	6				
	Задание 5. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности объекта подготовки природного газа			4	6				
	Задание 2. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности объекта транспортировки газа			4	6				
	Задание 7. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности хлораторной			4	6				
	Задание 8 Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности дожимной компрессорной станции			4	6				
	Задание 9. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности объекта хранения и отпуска ЛВЖ			4	6				
	Задание 10. Проводить экономическую оценку системы обеспечения безопасности склада зерна			4	6				
Владеть	Задание 1. Методами сравнительной экономической оценки систем обеспечения безопасности аммиачной компрессорной			4	6				
	Задание 2. Методами сравнительной экономической оценки систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ЛВЖ			4	6				
	Задание 3. Методами сравнительной экономической оценки систем обеспечения безопасности резервуарного парка с ГЖ			4	6				
	Задание 4. Методами сравнительной экономической оценки систем обеспечения			4	6				

[illegible][illegible]

Раздел 2

Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

Николенко, С.Д.
Защитные сооружения в системе защиты населения от чрезвычайных ситуаций
Электронный ресурс : учебное пособие / Е.А. Сушко ; сост. С.Д. Николенко ; С.А. Сазонова. - Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 105 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-89040-587-6

[illegible]

Беляева, В. И.
Электронный ресурс : Учебное пособие / В. И. Беляева. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 87 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

ПЕРЕЕЗДЧИКОВ, И. В. Анализ опасностей промышленных систем человек-машина-среда и основы защиты : [учебное пособие для студентов вузов, обуч. по напр. подготовки "Безопасность жизнедеятельности"] / И. В. Переездчиков. - Москва : КНОРУС, 2012. - 781 с. : ил., табл., схемы. - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 772-781. - ISBN 978-5-406-05087-3

Раздел 3

Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

[illegible][illegible]

Беляева, В. И.
Электронный ресурс : Учебное пособие / В. И. Беляева. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 87 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

Переездчиков, И. В.
Анализ опасностей промышленных систем человек-машина-среда и основы защиты : [учебное пособие для студентов вузов, обуч. по напр. подготовки "Безопасность жизнедеятельности"] / И. В. Переездчиков. - Москва : КНОРУС, 2012. - 781 с. : ил., табл., схемы. - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 772-781. - ISBN 978-5-406-05087-3

Раздел 4

Паспорт безопасности объекта

Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

[illegible][illegible]

Беляева, В. И.
Электронный ресурс : Учебное пособие / В. И. Беляева. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 87 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

[illegible]

Раздел 5

Паспорт безопасности объекта

Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5

Николенко, С.Д.
Защитные сооружения в системе защиты населения от чрезвычайных ситуаций
Электронный ресурс : учебное пособие / Е.А. Сушко ; сост. С.Д. Николенко ; С.А. Сазонова. - Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 105 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-89040-587-6

Прудников, С.П.
Электронный ресурс : учебник / О.А. Скрынниченко / О.В. Шереметова / С.П. Прудников. -
Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, 2022-08-04. - Минск : Республиканский институт
профессионального образования (РИПО), 2012. - 268 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. -
ISBN 978-985-503-597-9

Беляева, В. И.
Электронный ресурс : Учебное пособие / В. И. Беляева. - Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011. - 87 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

[illegible]

При проверке задания, оцениваются:

- полнота исходной информации для анализа;
- последовательность и рациональность выполнения;
- точность расчетов;
- правильность построения логических графов
- правильность выполнения чертежей и др.

При защите работы оцениваются:

- самостоятельность выполнения расчетов;
- логичность изложения материала;
- владение материалом

Общие требования к написанию курсовой работы

Курсовая работа выполняется рукописным или машинописным текстом с соблюдением правил оформления текстового материала проектной документации.

Курсовая работа должна иметь титульный лист, на котором указываются название предмета, специальность, вариант работы и фамилия, имя, отчество исполнителя. Также в работе

должны быть содержание с указанием индивидуального задания и список использованной литературы.

При наборе работы на компьютере текст должен иметь сплошную нумерацию страниц и следующие параметры:

- формат бумаги А4 (210×297 мм), бумага белая;
- поля: верхнее до нумерации стр. – 20 мм, нижнее и левое – 30 мм, правое – 15 мм;
- межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы);
- переплет 0 см;
- ориентация книжная;
- шрифт Times New Roman Cyr (Arial Cyr);
- размер шрифта 14 пунктов;
- красная строка – 1,25 см;
- формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках;
- рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);
- страницы нумеруются сверху, по центру;
- необходимо различать в тексте дефис (-) (например, черно-белый, бизнес-план) и тире (–) (Alt + 0150);
- если вы используете кавычки, они должны иметь вид так называемых «ёлочек» (« »).

Если в тексте встречаются внутренние и внешние кавычки, то они должны различаться, например: ООО «Издательство „Айрис-пресс“».

Отвечая на вопросы, не следует переписывать текст из книги, а излагать ответ кратко, по существу, на конкретно поставленный вопрос. При решении задачи необходимо записать ее условия и подробно изложить ее решение.

3. Рекомендации по организации выполнения курсовой работы, примерный календарный план ее выполнения

Задание на курсовую работу выдается преподавателем на 1 – 2 учебной недели семестра. Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно с применением знаний и умений, полученных на лекциях и практических занятиях.

При наличии затруднений при ответах на вопросы и решении задач следует обратиться к преподавателю за консультацией.

Ответы на вопросы рекомендуется выполнять в реферативной форме, приводя расчетные формулы, поясняющие эскизы, схемы и указывая использованную литературу и нормативные документы.

Примерный календарный план выполнения курсовой работы

1. Получить задание на курсовую работу – 1 неделя.
2. Выполнить необходимые расчеты и спроектировать систему защиты – 5 – 10 неделя.
3. Сдать работу на проверку преподавателю – 11 – 12 неделя.
4. Защитить выполненную курсовую работу – 13 – 14 неделя.

Литература

Основная литература

1. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 702 с. ; 21. - (Бакалавр. Академический курс). - Гриф: Доп. УМО. - Библиогр.: с. 702. - ISBN 978-5-9916-3058-0. - ISBN 978-5-9692-1483-5
2. Курдюмов, В. И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности : учеб. пособие / В. И. Курдюмов, Б. И. Зотов. - М. : КолосС, 2005. - 216 с. : ил.,. - (Учебники и учеб. пособия для студ. высш. учеб. заведений). - Прил.: с. 172-213. - Библиогр.: с. 214. - ISBN 5-9532-0289-X,

Дополнительная литература

1. Мастрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008. - 334 с. : ил., табл. - (Высшее профессиональное образование. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 330-331. - ISBN 978-5-7695-5648-7,
2. Анализ и оценка риска производственной деятельности : учеб. пособие для студентов вузов / [Кукин П. П. и др.]. - Москва : Высш. шк. (ВШ), 2007. - 325, [2] с. : ил., табл. ; 21 см. - (Для высших учебных заведений) (Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр. в конце кн. (15 назв.). - ISBN 978-5-06-005358-6

Интернет-ресурсы.

- www.tehlit.ru - сайт нормативной документации
- www.tehdoc.ru - сайт нормативной технической документации

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Методические указания

по выполнению курсовой работы
по дисциплине **«Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности»**
для студентов направления подготовки
20.04.01 Техносферная безопасность
направленность (профиль) Промышленная и пожарная безопасность
Учебный план 2026 года
Выполняется в 3 семестре

Ставрополь, 2026

Содержание

Введение	4
1.Цель, задачи и реализуемые компетенции.....	5
2.Формулировка задания и его объем.....	6
3.Структура работы	7
3.1 Теоретическая часть. Особенности оценки систем обеспечения безопасности на предприятиях.....	7
3.2. Идентификация факторов производственной опасности, характерных для данного производства.	7
3.2.1 Общие сведения об объекте и краткая характеристика его деятельности. Характеристика природных условий расположения объекта.....	7
3.2.2 Анализ возможных ЧС.....	8
3.2.3 Оценка рационального размещения предприятия и соответствия ОПФ требованиям ИТМ ГО.....	17
3.3. Количественная оценка пространственных масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на рассматриваемом и соседних объектах	19
3.4 Оценка состояния зданий, технологического оборудования, сетей коммунально-энергетического хозяйства и производственных возможностей объекта после техногенного происшествия. Прогнозирование поражения людей.....	33
3.5. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности исследуемого объекта.....	48
3.6 Указания на технико–экономическое обоснование принимаемых существенных инженерных решений.....	54
3.7 Общие требования к написанию и оформлению работы.....	55
4. Последовательность выполнения задания.....	56
5. Критерии оценивания работы.....	
2. Порядок защиты работы.....	57
7. Список рекомендуемой литературы.....	58
Приложения.....	62

ВВЕДЕНИЕ

Курсовую работу магистры направления 20.04.01 «Техносферная безопасность» выполняют на 2-ом курсе

Для подготовки к выполнению курсовой работы студенты должны изучить следующие документы организации:

- Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта;
- Анализ риска аварий на опасном производственном объекте;
- План действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на объекте экономики;
- План ликвидации возможных аварий на опасном производственном объекте;
- Технологический регламент технологической установки и др.

Материалы курсовой работы могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы.

1. ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И РЕАЛИЗУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ

Цель курсовой работы – привитие студентам практических навыков по прогнозированию техногенного риска путем анализа возможных опасностей, возникающих при функционировании опасных производств в техносфере, и обоснованию предложений по их оценке, развитие у студентов навыков теоретических и экспериментальных исследований и оценки их результатов, выполнения инженерных расчетов, составления технико–экономического обоснования принятых решений в области обеспечения устойчивости объектов экономики.

Основные решаемые при этом **задачи**:

- Исследование опасностей производственного объекта;
- Анализ риска возникновения ЧС на опасных объектах;
- Оценка последствий воздействия опасных факторов на объекты и людей при различных сценариях аварий;
- Разработка на опасном объекте мероприятий по снижению риска возникновения ЧС и смягчению тяжести их последствий на территориях, расположенных вблизи этих объектов;
- Привитие навыков по оформлению расчетной и графической документации и обоснованию эффективности комплексов мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы объектов экономики в чрезвычайных условиях;
- Совершенствование навыков в практической разработке календарных планов организации выполнения мероприятий по повышению устойчивости работы организаций в их повседневной деятельности.

Реализуемые компетенции:

ПК-1 - способностью выполнять сложные инженерно-технические разработки в области техносферной безопасности;

ПК-2 - способностью прогнозировать, определять зоны повышенного техногенного риска и зоны повышенного загрязнения;

2. ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ И ЕГО ОБЪЕМ

Курсовую работу предусмотрено выполнять по двум основным темам:

1. «Расчет и проектирование мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта.....»;

2. «Расчет и проектирование мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта экономики с опасной технологией производства».

Работу по теме №2 студенты выполняют в соответствии с методическими указаниями [13].

В задании для темы №1 должны быть отражены:

- функциональное назначение объекта;
- место расположения объекта;
- гидрометеорологическая обстановка в районе размещения объекта;
- географические особенности местности в районе размещения объекта;
- перечень объектов, расположенных на территории;
- характеристика производственных зданий и основного оборудования. Стоимость основных производственных фондов;
- характеристика объекта с точки зрения взрывопожароопасности;
- количество и характеристики опасных веществ, используемых на объекте (взрыво– и пожароопасных, химических, радиоактивных и т.д.);
- технические решения, обеспечивающие противоаварийную безопасность;
- численность рабочих и служащих;

- режим работы предприятия;
- план–схема объекта (приложение В);
- масштабный план местности (выкопировка из плана территории) (приложение Г).

Пример типового задания по теме №1 для склада ГСМ приведен в приложениях Б, В, Г.

Так как курсовая работа выполняется на завершающем этапе обучения, в качестве исходных материалов могут быть приняты данные объектов экономики, которые впоследствии будут рассмотрены при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА РАБОТЫ

3.1 Теоретическая часть. Особенности оценки и исследования устойчивости на предприятиях

Приводятся основные направления повышения устойчивости объектов экономики в ЧС, актуальные для конкретного предприятия.

3.2. Идентификация факторов производственной опасности, характерных для данного производства. Анализ и оценка производственного объекта с учетом требований СНиП 2.01.51–90

На основе полученных в ходе изучения дисциплины знаний, в процессе рассмотрения исходных данных для выполнения работы, а также нормативно–технической документации необходимо изложить следующую информацию.

3.2.1 Общие сведения об объекте и краткая характеристика его деятельности. Характеристика природных условий расположения объекта

При изложении данного пункта в сжатом виде привести общие сведения о рассматриваемом объекте, структурные элементы его и дать их характеристику, перечень потенциальных опасностей на объекте и прилегающей территории. Необходимо указать физико – химические, токсические и другие свойства

веществ – источников опасности, область применения в народном хозяйстве и ВС РФ.

Далее следует обосновать необходимость и методы оценки обстановки на предприятии от воздействия поражающих факторов техногенной ЧС [1, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Для характеристики природных условий района расположения объекта использовать данные СНиП 23.01–99 Строительная климатология.

3.2.2 Анализ возможных ЧС

Необходимость рассмотрения данного вопроса обусловлена тем, что анализ возможных ЧС на объекте является необходимым условием для выбора мероприятий по повышению устойчивости функционирования его.

При выполнении подраздела приводят вербальное описание моделируемой опасной ситуации, описание ее графической и математической моделей.

Для этого следует проанализировать возможные техногенные ЧС на рассматриваемом и соседних объектах, в частности:

- взрывы конденсированных взрывчатых веществ;
- взрывы парогазовоздушного облака в неограниченном и ограниченном пространстве;
- пожары разлива;
- горение парогазовоздушного облака;
- горение одиночных зданий и промышленных объектов;
- химические аварии и др.

В типовом примере методических указаний могут возникнуть следующие виды ЧС:

- пожар разлива;
- взрыв парогазовоздушного облака в неограниченном пространстве;
- горение парогазовоздушного облака;
- взрыв конденсированных взрывчатых веществ;
- выброс химического вещества и др.

Вероятность реализации того или иного события может быть рассчитана методами теории надёжности по результатам анализа дерева отказов и дерева событий (дендрограмм) чрезвычайной ситуации.

В подразделе приводят процедуру и результаты качественного и количественного анализа риска ЧС.

Оценку риска нанесения ущерба в результате чрезвычайной ситуации в общем случае выполняют в три этапа:

а) на первом этапе оценивают вероятность возникновения источника (инициации) ЧС P_I ;

б) на втором – вероятность появления в определённой точке пространства поражающего фактора заданного уровня P_{II} ;

в) на третьем – вероятность нахождения в данной точке пространства объекта нанесения ущерба (человека или иного объекта), P_{III} . Для стационарного объекта $P_{III} = 1$.

Тогда, с учётом независимости рассматриваемых событий, вероятность нанесения в результате ЧС ущерба заданного уровня рассматриваемому объекту P может быть оценена по соотношению:

$$P = P_I * P_{II} * P_{III}. \quad (3.1)$$

Для периода нормальной эксплуатации вероятность события может быть оценена в соответствии с экспоненциальным распределением по формуле:

$$P = 1 - e^{-\lambda_i * t_i}, \quad (3.2)$$

где λ_i – интенсивность отказов i -го элемента, ч⁻¹;

t_i – общая продолжительность работы i -го элемента за анализируемый период времени, ч.

Данные о надёжности оборудования приведены в приложении Г,

Пример для условия типовой задачи

Анализ литературных данных [3, 4] показывает, что на опасном объекте возможны следующие источники техногенных происшествий (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Возможные источники техногенных происшествий на взрывопожароопасном объекте

Обозначение сценария	Источники техногенных чрезвычайных ситуаций
«А»	Пожар разлития бензина на сливоналивной эстакаде при полной разгерметизации железнодорожной цистерны
«Б»	Взрыв паров бензина на сливоналивной эстакаде при полной разгерметизации железнодорожной цистерны
«В»	Образование «огненного шара» на сливоналивной эстакаде при полной разгерметизации железнодорожной цистерны
«Г»	Пожар разлития дизельного топлива на сливоналивной эстакаде при полной разгерметизации железнодорожной цистерны
«Д»	Взрыв паров дизельного топлива на сливоналивной эстакаде при полной разгерметизации железнодорожной цистерны
«Е»	Взрыв паров бензина при «малом дыхании» резервуара
«Ж»	Пожар разлития бензина на заправочной площадке
«З»	Пожар разлития дизельного топлива на заправочной площадке
«И»	Взрыв паров бензина на заправочной площадке
«К»	Взрыв паров дизельного топлива на заправочной площадке
«Л»	Пожар разлития бензина при разгерметизации емкости с бензином
«М»	Взрыв паров бензина при разгерметизации емкости с бензином
«Н»	Образование «огненного шара» при разгерметизации емкости с бензином

Для сценариев А, В, Г, Ж, З, Л, Н основное поражающее воздействие – термическое, для сценариев Б, Д, Е, И, К, М – барическое.

Анализ реальных аварий, сопровождающихся образованием проливов моторного топлива и формированием ТВС его паров, показывает [3], что в результате такой аварии могут наблюдаться события, перечисленные в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Реализации различных сценариев развития аварии на объектах нефтепродуктообеспечения

Сценарий последствий аварии	Процент случаев реализации сценария
Рассеивание в атмосфере паров бензина без пожара или взрыва	50
Пожар пролива	20
Пожар пролива с последующим взрывом	

Взрыв	
Взрыв с последующим образованием «огненного шара»	10
«Пожар-вспышка» (или «хлопок»)	0

Деревья отказов для сценариев А и Б приведены на рисунках 3.1, 3.3, а деревья событий – на рисунках 3.2 и 3.4, соответственно.

Для остальных сценариев деревья строят аналогично.

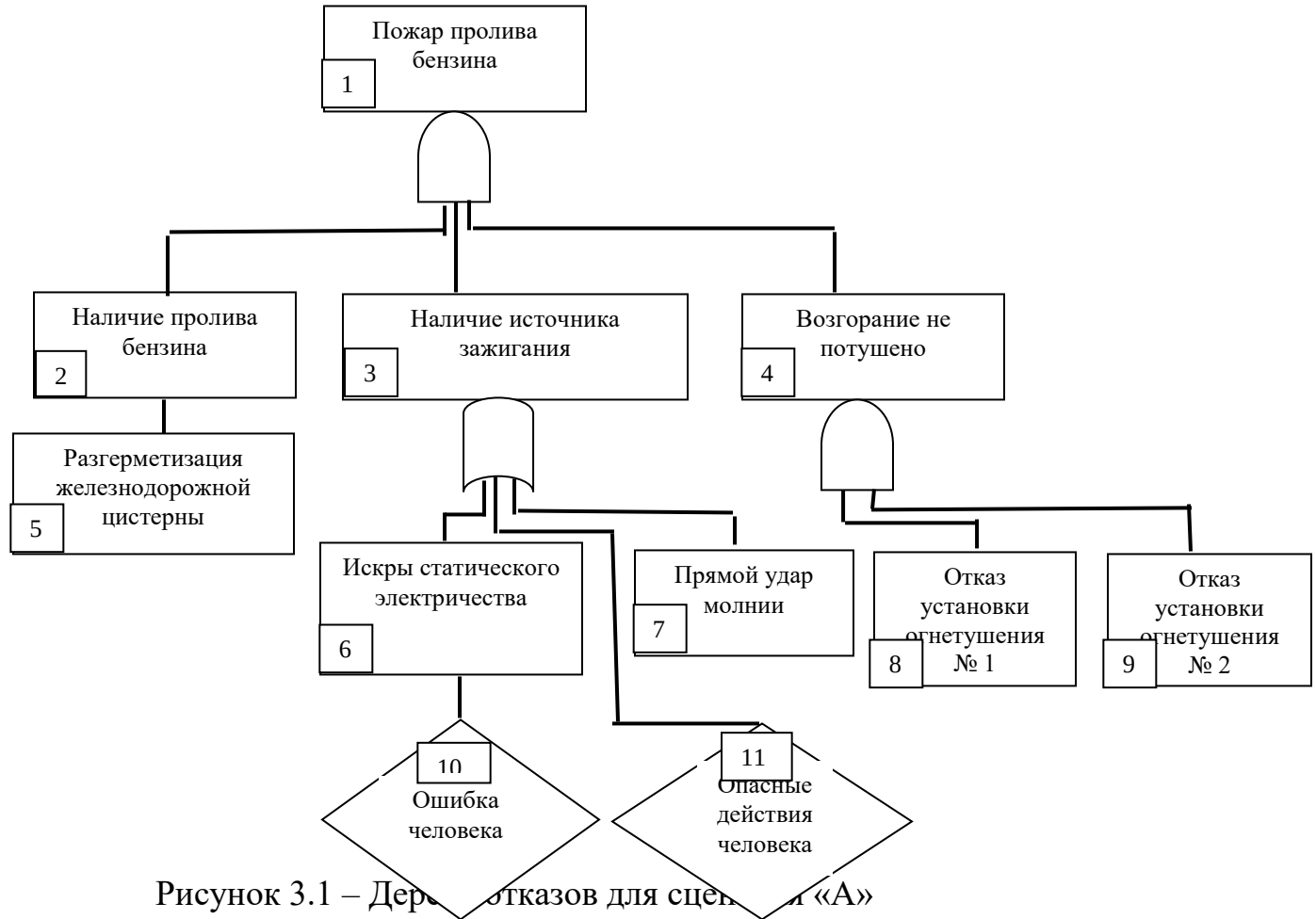


Рисунок 3.1 – Деревья отказов для сценария «А»

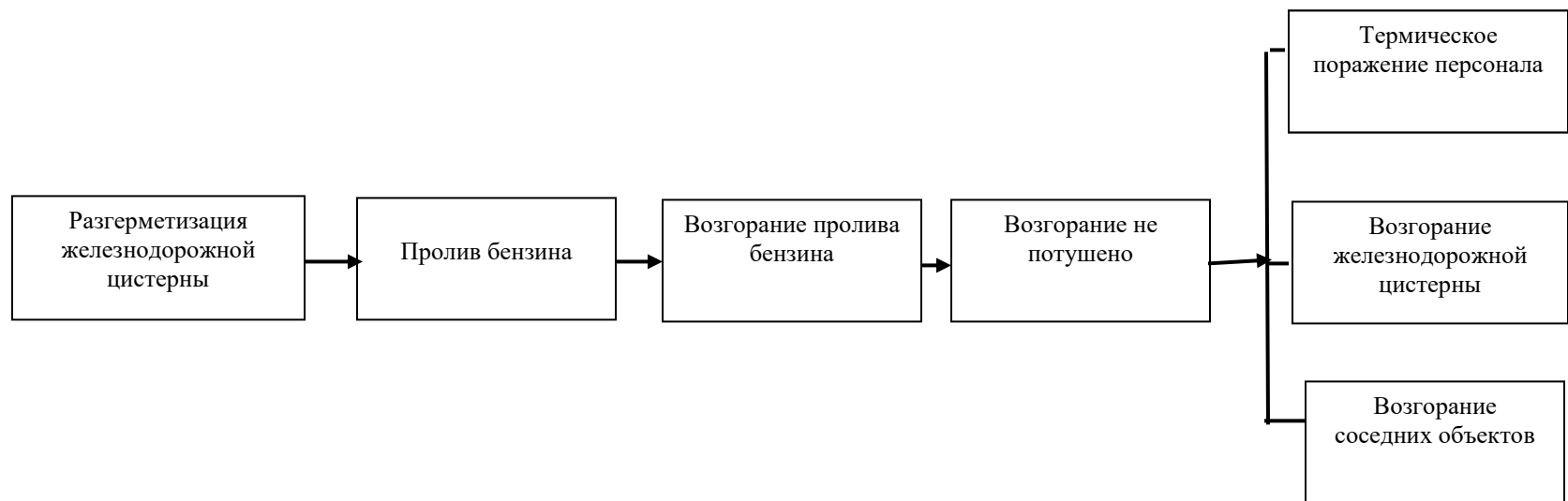


Рисунок 3.2 – Дерево событий для сценария «А»

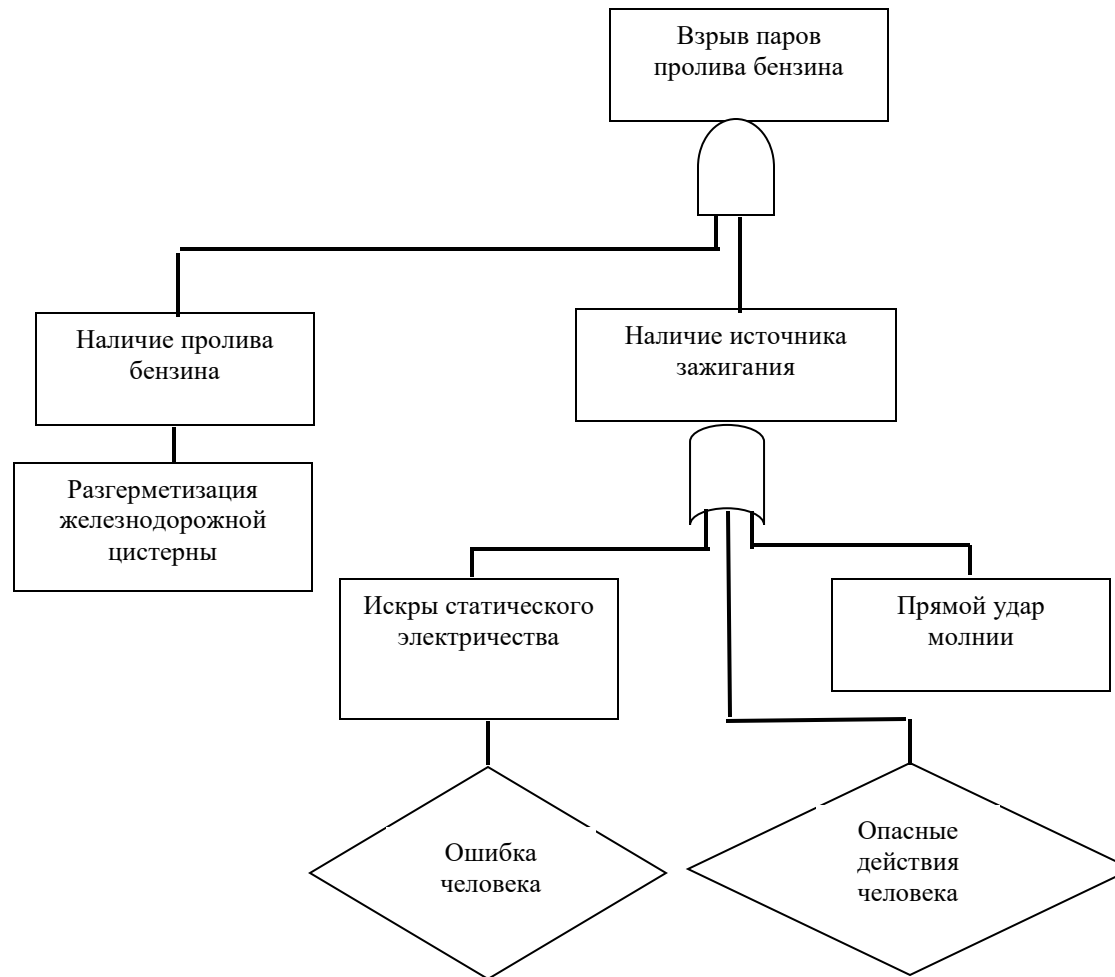


Рисунок 3.3 – Дерево отказов для сценария «Б»

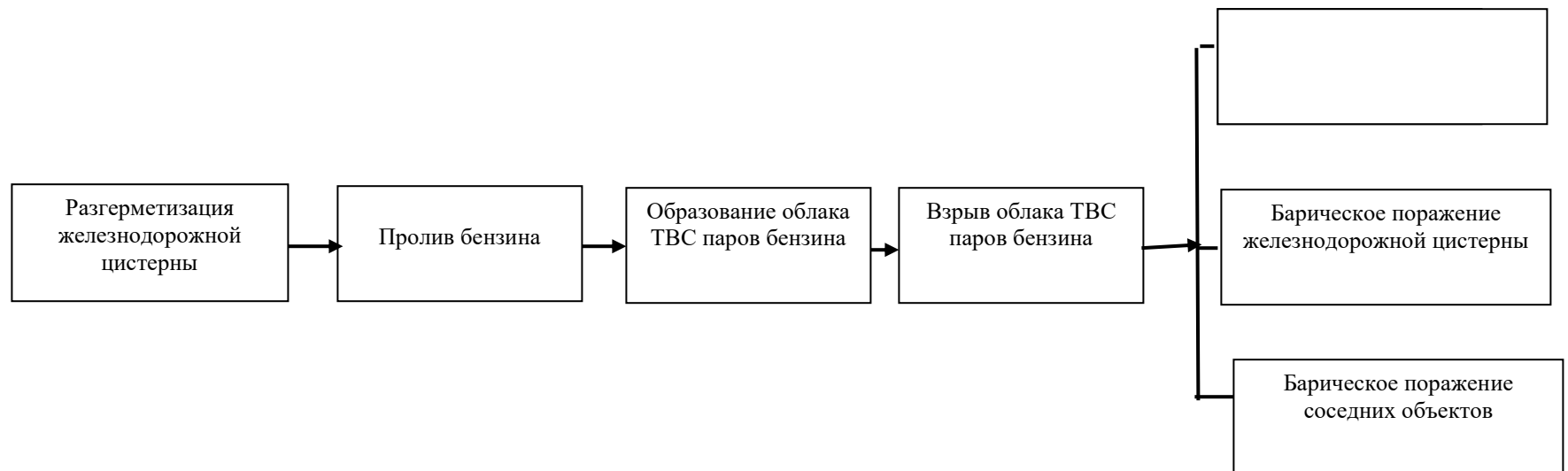


Рисунок 3.4 – Дерево событий для сценария «Б»

реализации событий проведена на примере сценария «А» (рисунок 1) методами теории надёжности. Сценарии событий на дендрограммах пронумерованы.

Последовательность расчетов:

$$P_1 = P_2 * P_3 * P_4; \quad | \quad (3.3)$$

$$P_2 = P_5; \quad (3.4)$$

$$P_3 = 1 - (1 - P_6) * (1 - P_7) * (1 - P_{11}); \quad | \quad (3.5)$$

$$P_6 = P_{10}; \quad | \quad (3.6)$$

$$P_4 = P_8 * P_9. \quad | \quad (3.7)$$

Оценим величину P_2 , равную P_5 .

Общая продолжительность слива бензина из железнодорожной цистерны на сливноналивной эстакаде составляет:

$$(5400 * 60) / (60 * 60) = 90 \text{ ч/год},$$

где 5400 м^3 – оборот бензина;

60 мин – средняя продолжительность разгрузки;

60 м^3 – емкость цистерны, в которой поступает на склад бензин.

В соответствии со справочными данными (приложение Д) принимаем интенсивность отказа – разрыв соединительных рукавов при сливе из железнодорожной цистерны равную $1 * 10^{-2}$.

Тогда по формуле (3.2):

$$P_2 = P_5 = 1 - e^{1 * 10^{-2} * 90} = 0,59 \text{ год}^{-1}. \quad (3.8)$$

С учетом данных таблицы 3.3, основанной на статистике реальных аварий на отечественных объектах нефтепродуктообеспечения, для сценария «А» получим:

$$0,2 * P_2 = 0,2 * 0,59 = 1,2 * 10^{-1}.$$

Для сценария «Б»:

$$0,2 * P_2 = 0,2 * 0,59 = 1,2 * 10^{-1}.$$

Для сценария «В»:

$$0,1 * 0,59 = 0,6 * 10^{-1}.$$

Результаты расчетов для остальных сценариев приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Вероятности возникновения источников техногенных чрезвычайных ситуаций на складе ГСМ (для условия типовой задачи)

Обозначение сценария	Источники техногенных чрезвычайных ситуаций	Вероятность, год ⁻¹
А	Пожар разлива бензина на сливоналивной эстакаде при разгерметизации железнодорожной цистерны	$1,2 * 10^{-1}$
Б	Взрыв паров бензина на сливоналивной эстакаде при разгерметизации железнодорожной цистерны	$1,2 * 10^{-1}$
В	«Огненный шар» на сливоналивной эстакаде при проливе бензина из железнодорожной цистерны	$0,6 * 10^{-1}$
Г	Пожар разлива дизельного топлива на сливоналивной эстакаде при разгерметизации железнодорожной цистерны	$1,7 * 10^{-6}$
Д	Взрыв паров дизельного топлива на сливоналивной эстакаде при разгерметизации железнодорожной цистерны	$1,7 * 10^{-6}$
Е	Взрыв паров бензина при «малом дыхании» резервуара	$3,6 * 10^{-6}$
Ж	Пожар разлива бензина на заправочной площадке	$2,2 * 10^{-7}$
З	Пожар разлива дизельного топлива на заправочной площадке	$5,5 * 10^{-7}$
И	Взрыв паров бензина на приемо-раздаточном пункте	$2,2 * 10^{-7}$
К	Взрыв паров дизельного топлива на заправочной площадке	$5,5 * 10^{-7}$
Л	Пожар разлива бензина при разгерметизации емкости	$6,8 * 10^{-6}$
М	Взрыв паров бензина при разгерметизации емкости	$6,8 * 10^{-6}$
Н	«Огненный шар» при проливе бензина из емкости	$3,4 * 10^{-6}$

Из данных таблицы 3.3 видно, что самый вероятный сценарий на объекте – разрыв соединительных рукавов при сливе из железнодорожной цистерны, самый опасный – разгерметизация емкости с ГСМ на территории склада.

При выполнении работы анализ провести аналогично с учетом индивидуального задания.

3.1.3 Оценка рационального размещения предприятия и соответствия ОПФ требованиям ИТМ ГО

Оценку рационального размещения предприятия и соответствия основных производственных фондов (ОПФ) требованиям ИТМ ГО проводят на основе требований СНиП 2.01.51–90 [21] и знаний, полученных в ходе изучения дисциплины.

При этом следует учесть следующее:

1. Здания и сооружения на объекте должны быть размещены рассредоточено. Между зданиями – противопожарные разрывы, исключающие возможность переноса огня с одного здания на другое, даже если тушение пожара не производится.

Ширина противопожарного разрыва (L_p , м):

$$L_p = H_1 + H_2 + 15, \quad (3.9)$$

где H_1 и H_2 – высоты соседних зданий, м;

2. Ограждающие конструкции производственных зданий должны быть выполнены из легких негорючих или трудно сгораемых материалов (шлакобетон, пенобетон, керамзитобетон и др.);

3. Наиболее важные производственные сооружения должны быть заглубленными или пониженной высотности, прямоугольной формы в плане, это уменьшает парусность здания и увеличивает сопротивляемость их ударной волне. Хорошей устойчивостью к воздействию ударной волны обладают железобетонные здания с металлическими каркасами в бетонной опалубке;

4. Для повышения устойчивости к тепловому излучению в зданиях и сооружениях должны применяться огнестойкие конструкции, а также огнезащитная обработка сгораемых элементов зданий. Большие здания должны разделяться на секции стенами из негорючих материалов (брандмауэрами);

5. В складских помещениях должно быть минимальное количество окон и дверей. Складские помещения для хранения

(бензин, керосин, нефть, мазут) должны размещаться в отдельных блоках заглубленного или полуглубленного типа у границ территории объекта или за ее пределами;

2. Некоторые уникальные виды технологического оборудования целесообразно размещать в наиболее прочных сооружениях (подвалах, подземных сооружениях) или в зданиях из легких несгораемых конструкций павильонного типа, под навесами или открыто. Это обуславливается тем, что, во многих случаях, оборудование может выдержать гораздо большие избыточные давления ударной волны, чем здания, в которых оно находится, а при разрушении зданий в результате падения конструкций, установленное в них оборудование будет выходить из строя;

7. На предприятиях, производящих или потребляющих СДЯВ и взрывоопасные вещества, при строительстве и реконструкции необходимо предусматривать защиту производственных емкостей и трубопроводов от разрушения ударной волной (заглубление в грунт, обвалование, прокладка на низких опорах) и меры, исключающие разлив СДЯВ, взрывоопасных и легковоспламеняющихся жидкостей (подземное хранение, устройство поддонов, аварийных сливных резервуаров, самозапирающихся обратных клапанов, ловушек и амбаров);

8. Предприятия по переработке легковоспламеняющихся и горючих жидкостей необходимо размещать ниже по уклону местности относительно жилых зон и промышленных предприятий категоризированных городов и объектов, автомобильных и железных дорог с учетом возможности отвода горючих жидкостей в безопасные места в случае разрушения емкостей.

3.3 Количественная оценка пространственных масштабов полей поражающих факторов, возникающих в результате техногенного происшествия на рассматриваемом и соседних объектах

При выполнении данного раздела использовать графические модели (масштабный план местности и план – схему объекта) с отображенными на них необходимыми элементами в соответствии с заданием.

Возможное воздействие поражающих факторов техногенного происшествия на здания (сооружения), людей определить расчетным путем по методикам, рекомендованным «НТЦ Промышленная безопасность», ВНИИ ГОЧС, Ростехнадзором [14, 15, 16, 17? 18].

В курсовой работе в соответствии с действующими методиками для определения зон действия основных поражающих факторов в зависимости от специфики объекта провести оценку:

- размеров зон распространения облака горючих газов и паров при аварии для определения времени достижения облаком мест расположения объектов;
- интенсивности теплового излучения при пожарах проливов ЛВЖ и ГЖ для сопоставления с критическими (предельно допустимыми) значениями интенсивности теплового потока для человека и конструкционных материалов;
- возможности возникновения и поражающего воздействия «огненного шара» при аварии для расчета радиусов зон поражения людей от теплового воздействия в зависимости от вида и массы топлива;
- параметров волны давления при сгорании газопаровоздушных смесей в открытом пространстве;
- поражающих факторов при разрушении технологического оборудования вследствие воздействия на него очага пожара;
- интенсивности испарения горючих жидкостей и сжиженных газов в открытом пространстве;

- пространственных

размеров заражения химически опасными веществами объектов на местности по сценарию виртуальной ЧС с наихудшими условиями протекания;

- последствий превращения конденсированного взрывчатого вещества;
- вероятности разрушения производственных фондов;
- вероятности поражения людей при действии различных опасных факторов и др.

Расчеты выполнять с использованием современных информационных технологий.

Пример для условия типовой задачи

Для условия типовой задачи наиболее вероятное явление – разрыв соединительных рукавов при сливе бензина из железнодорожной цистерны, а наиболее опасное – полная разгерметизация резервуара с бензином в результате воздействия посторонних факторов.

Основные расчетные соотношения

Согласно требованиям нормативно–методических документов максимально возможный объём разлившихся нефтепродуктов составит: автоцистерна – 100 % объема; железнодорожный состав – 50 % общего объема цистерн в железнодорожном составе (сливного фронта железнодорожной эстакады); стационарные объекты хранения нефти и нефтепродуктов – 100% объёма максимальной ёмкости одного объекта хранения, магистральный трубопровод при порыве – 25 % максимального объема прокачки в течение 6 часов и объем нефти между запорными задвижками на прорванном участке трубопровода.

Количественные показатели для сценария «А»

Территория склада расположена на ровном участке местности, по периметру разгрузочной площадки смонтированы дренажные лотки,

забранные металлическими решётками, которые перехватят аварийный пролив бензина.

При разгерметизации железнодорожной цистерны происходит возгорание пролива бензина на сливноналивной эстакаде.

Интенсивность испарения W , кг/(с·м²), для не нагретых выше температуры окружающей среды ЛВЖ, при отсутствии данных, допускается рассчитать по формуле (справедливой в диапазоне температур от минус 50 до плюс 40 °С) [18]:

$$W = 10^{-6} * \eta * \sqrt{M} * P_n, \quad (3.10)$$

где η – коэффициент, принимаемый по таблице 4, в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. Для наихудших условий (скорость ветра 1 м/с, температура 35°С) эта величина составит 4,6;

M – молярная масса ЛВЖ, г/моль. Принимаем $M = 98$ г/моль;

P_n – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа.

Таблица 3.4 – Значения коэффициента η [18]

Скорость воздушного потока в помещении, м*с ⁻¹	Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Оценим давление насыщенных паров горючего P_n по уравнению Антуана с коэффициентами, принятыми согласно [20], при расчётной температуре $t_p = 40^\circ\text{C}$ (пролив топлива на нагретую поверхность площадки):

$$\text{бензин } \lg P_n = 4,2 - 680/(222 + 40) = 1,60;$$

$$P_n = 40,2 \text{ кПа (40\% об.)}$$

$$W = 10^{-6} * 4,6 * \sqrt{98} * 40 = 0,00183 \text{ кг/(с·м}^2\text{)},$$

Оценка продолжительности испарения бензина. При свободном растекании 1 л бензина на бетонную поверхность образуется пятно площадью 0,67 м². Следовательно, на каждом квадратном метре бетонной поверхности будет удержано $m_1 = 1/0,67 = 1,5$ л бензина, или, при плотности 0,745 кг/л, 1,12 кг (как при свободном растекании, поскольку излишки бензина утекут в дренажную систему). Тогда продолжительность испарения составит:

$$T = \frac{m_1}{W} = \frac{1.12}{0.0018} = 625 \text{ с} \quad (3.11)$$

Например, площадь площадки для разгрузки составляет 30 м².

С учетом площади площадки масса паров бензина в облаке ТВС равна:

$$M_n = 1,12 \cdot 30 = 33,75 \text{ кг.}$$

Плотность паров бензина при расчетной температуре tp и молярной массе бензина $M = 98$ может быть определена по формуле:

$$\rho_n = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot tp)} = \frac{98}{22,41 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 40)} = 3,81 \text{ кг / м}^3 \quad (3.12)$$

Эффективный диаметр разлива составит:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30}{3.14}} = 6,18 \text{ м.} \quad (3.13)$$

Высота пламени H , м:

$$H = 42d \left(\frac{M}{\rho_e \sqrt{gd}} \right)^{0,61} = 42 \cdot 6,18 \left(\frac{0,06}{1,2 \sqrt{9,81 \cdot 6,18}} \right)^{0,61} = 11,9 \text{ м,} \quad (3.14)$$

где M – удельная массовая скорость выгорания топлива кг/(м²*с). Для бензина принята 0,06 кг/(м²*с);

ρ – плотность окружающего воздуха, кг/м³. Принята 1,2 кг/м³;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с².

Расчет параметров пожара пролива ЛВЖ произведен в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047–98 и НПБ 105–03 [18, 19].

облучения пожара:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \tau, \quad (3.15)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, принимаемая по таблице 5 (для эффективного диаметра пролива площадью $6,18 \text{ м}^2$ 60 кВт/м^2);

F_q – угловой коэффициент облученности

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_n^2}, \quad (3.16)$$

где F_v F_n , – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок, соответственно;

τ – коэффициент пропускания атмосферы

$$\tau = e^{(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0.5d))}. \quad (3.17)$$

Производим вычисления на расстоянии 10 м ($r = 10 \text{ м}$).

Определяем необходимые коэффициенты [18]:

$$h = \frac{2H}{d} = \frac{2 \cdot 11.9}{6.18} = 0.027; \quad (3.18)$$

$$S = \frac{2r}{d} = \frac{2 \cdot 10}{6.18} = 3.23; \quad (3.19)$$

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S} = \frac{0.027^2 + 9.7^2 + 1}{2 \cdot 9.7} = 4.9; \quad (3.20)$$

$$B = \frac{(1 + S^2)}{2S} = \frac{(1 + 9.7^2)}{2 \cdot 9.7} = 4.9. \quad (3.21)$$

Фактор облученности вертикальной площадки F_v определен по формуле:

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) + \frac{h}{S} \left\{ \arctg \sqrt{\frac{S-1}{S+1}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right\} \right] = \quad (3.22)$$

$$= 0,032$$

Фактор облученности горизонтальной площадки F_H рассчитан по формуле:

$$F_H = \frac{1}{\pi} \left[\frac{(B - \frac{1}{S})}{\sqrt{B^2 - 1}} \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1)(S-1)}{(B-1)(S+1)}} \right) - \frac{(A - \frac{1}{S})}{\sqrt{A^2 - 1}} \arctg \sqrt{\frac{(A+1)(S-1)}{(A-1)(S+1)}} \right] = \quad (3.23)$$

$$= 0,072.$$

Угловой коэффициент облученности F_q :

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_n^2} = 0,079.$$

Коэффициент пропускания атмосферы:

$$\tau = e^{(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0.5d))} = e^{(-7 \cdot 10^{-4} \cdot (10 - 0.5 \cdot 6.18))} = 0,996.$$

$$\text{Тогда } q = E_f \cdot F_q \cdot \tau = 60 \cdot 0,079 \cdot 0,998 = 4,74 \text{ кВт/м}^2$$

Таблица 3.5 – Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив [18]

Топливо	E_f , кВт/м ²					M , кг/(м ² ·с)
	d = 10 м	d = 20 м	d = 30 м	d = 40 м	d = 50 м	
СПГ (Метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (Пропан- бутан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание. Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать величину E_f такой же, как и для очагов диаметром 10 и 50 м, соответственно.

Расчеты по сценарию «А» сведены в таблицу 3.2.

По результатам расчетов построен график зависимости плотности теплового потока пожара пролива, кВт/м^2 , от расстояния до его центра, м, (рисунок 3.5).

Таблица 3.6 – Расчеты по сценарию «А»

Наименование параметра	Значение параметра
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Подстилающая поверхность	Бетон
Расчетная температура, $^{\circ}\text{C}$	+ 40 $^{\circ}\text{C}$
Площадь пролива, м^2	30
Удельная скорость испарения бензина, кг/м^2	0,00183
Продолжительность испарения, с	625
Масса паров в облаке ТВС, кг	34
Плотность паров, кг/м^3	3,81
Результаты расчетов	
Эффективный диаметр, м	6,18
Высота пламени, м	11,9
Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м^2	60
Массовая скорость выгорания, кг/м^2	0,06

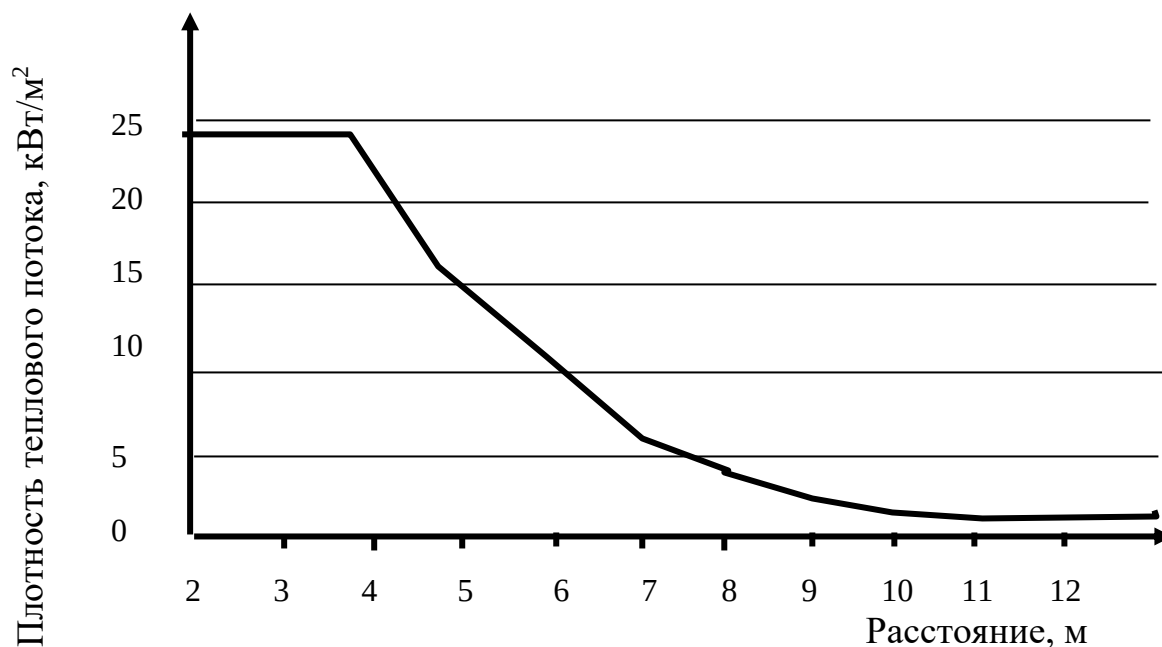


Рисунок 3.5 – Зависимость плотности теплового потока пожара пролива от расстояния до его центра

Количественные показатели для сценария «Б»

Объёмный взрыв топливовоздушной смеси (ТВС) паров бензина на сливноналивной эстакаде может вызвать барическое поражение персонала, повреждение железнодорожной цистерны и прочих объектов.

Оценим размер области пространства с «опасной» концентрацией паров бензина в случае его утечки. Для ЛВЖ геометрически зона, ограниченная НКПР паров, будет представлять собой цилиндр с основанием радиусом $R_{НКПР}$ и высотой $Z_{НКПР}$ при высоте источника паров ЛВЖ.

Согласно [18] радиус зоны $R_{НКПР}$ для паров ЛВЖ, ограничивающий область концентраций, превышающих НКПР, рассчитывают по формуле:

$$R_{нкпр} = 3,501\sqrt{K} \left(\frac{P_n}{C_{нкпр}} \right)^{0.813} \cdot \left(\frac{m_{np}}{\rho_n P_n} \right)^{0.333}, \quad (3.24)$$

где K – коэффициент, принимаемый равным $T/3600$ (T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, но не более 3600 с);

P_n – давление насыщенных паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа. При расчетной температуре 40 °С (температура дорожного покрытия разгрузочной площадки) $P_n = 40$ кПа;

$C_{нкпр}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени паров ЛВЖ, % (об). Для паров бензина 1,1%;

m_{np} – приведенная масса паров, поступивших в атмосферу за время полного испарения, но не более 3600 с, определяют по формуле:

$$m_{np} = \frac{Q_{сг}}{Q_0} mZ = \frac{43240000}{4,52 \cdot 10^6} * 33,75 * 0,1 = 32,28 \text{ кг}, \quad (3.25)$$

где Q_0 – константа, равная 4520 кДж*кг⁻¹;

$Q_{сг}$ – удельная теплота сгорания пара бензина 43240 кДж*кг⁻¹;

Z – коэффициент участия паров в горении (0,1);

m – масса горючих паров, поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг. Из предыдущих расчетов 34 кг;

ρ_n – плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кг/м³. Из предыдущего расчета 3,81 кг/м³.

$$R_{нкп} = 3,501 * \sqrt{\frac{625}{3600}} * \left(\frac{40}{1,1}\right)^{0,813} * \left(\frac{32,28}{3,81 * 40}\right)^{0,333} = 14,66 \text{ м.}$$

Верхняя граница зоны «опасных концентраций» $Z_{нкп}$ определена по формуле:

$$\begin{aligned} Z_{нкп} &= 0,12 \sqrt{K} \left(\frac{P_n}{C_{нкп}}\right)^{0,813} * \left(\frac{m_{np}}{\rho_n P_n}\right)^{0,333} = \\ &= 0,12 \sqrt{\frac{625}{3600}} \left(\frac{40}{1,1}\right)^{0,813} * \left(\frac{32,28}{3,81 * 40}\right)^{0,333} = 0,56 \text{ м.} \end{aligned} \quad (3.26)$$

Избыточное давление на различных расстояниях от эпицентра найдено по формуле:

$$\Delta P = P_0 \left(\frac{0,8 m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3 m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 m_{np}}{r^3} \right), \text{ кПа}, \quad (3.27)$$

где m_{np} – масса вещества, приведенная к тротиловому эквиваленту, кг;

P_0 – атмосферное давление (101,3 кПа).

На расстоянии 4 м от центра взрыва

$$\Delta P = 101,3 * \left(\frac{0,8 * 32,28^{0,33}}{4} + \frac{3 * 32,28^{0,66}}{4^2} + \frac{5 * 32,28}{4^3} \right) = 507,29 \text{ кПа}$$

Импульс волны давления рассчитан по соотношению:

$$i = \frac{123 m_{np}^{0,66}}{r}, \text{ Па * с.} \quad (3.28)$$

$$i = \frac{123 * 32,28^{0,66}}{4} = 304,6 \text{ Па * с.}$$

Расчеты по сценарию «Б» сведены в таблицу 3.7.

По результатам расчетов построены графики зависимости избыточного давления взрыва, кПа, от расстояния до центра, м, (рисунок 3.6) и импульса взрыва, кПа*с, от расстояния до центра, м, (рисунок 3.7).

Таблица 3.7 – Расчеты по сценарию «Б»

Наименование параметра	Значение параметра
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Подстилающая поверхность	Бетон
Масса паров в облаке ТВС, кг	34
Результаты расчетов	
Коэффициент участия, К	0,1
Удельная теплота сгорания пара бензина, кДж·кг ⁻¹	43240
Приведенная масса паров, кг	32,28

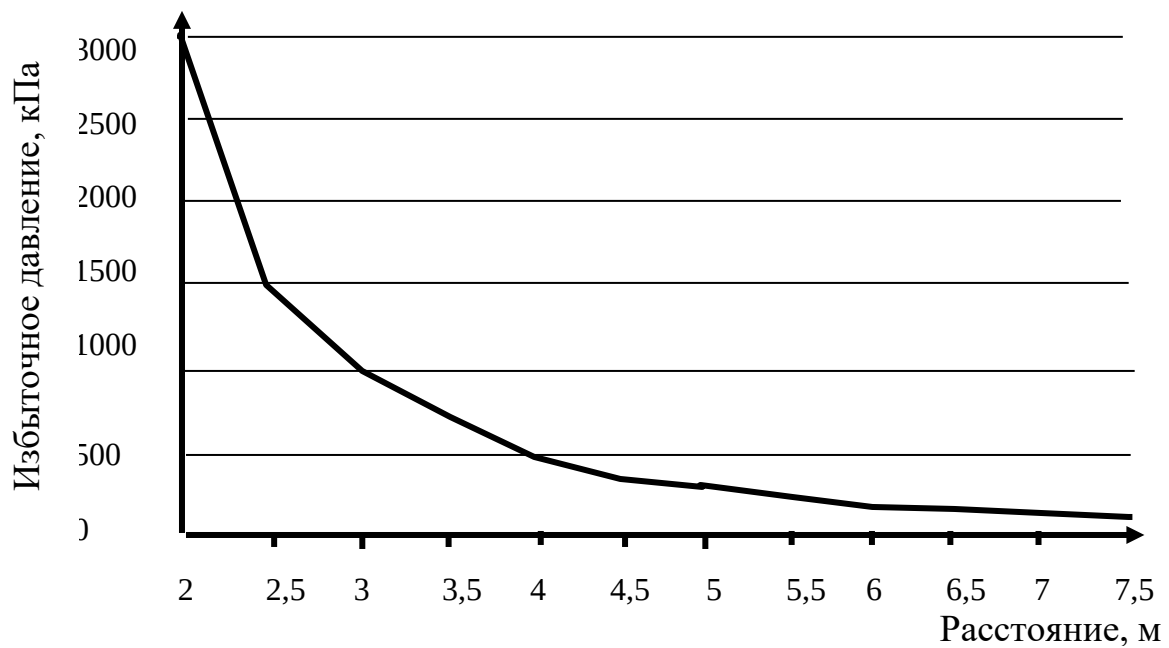


Рисунок 3.6 – Зависимость избыточного давления взрыва от расстояния до центра

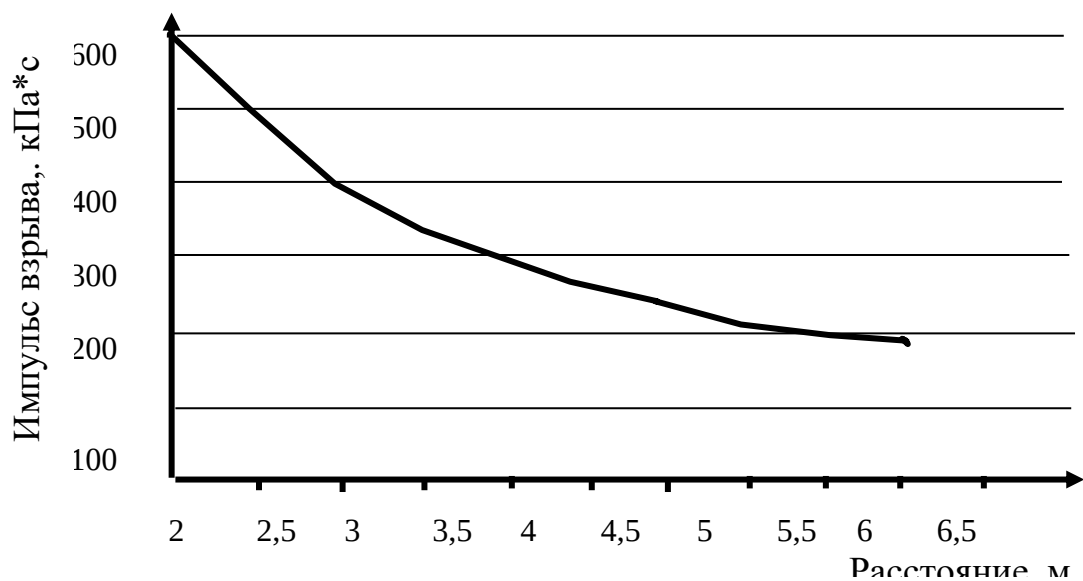


Рисунок 3.7– Зависимость импульса взрыва от расстояния до центра

Количественные показатели для сценария «В»

Интенсивность теплового излучения «огненного шара» q , кВт/м², определена по формуле:

$$q = E_f * F_q * \tau, \quad (3.29)$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м². В соответствии с рекомендациями принимаем равным 450 кВт/м²;

F_q – угловой коэффициент облученности;

τ – коэффициент пропускания атмосферы.

Угловой коэффициент облученности F_q рассчитан по формуле:

$$F_q = \frac{\frac{H}{D_s} + 0,5}{4 * \left[\left(\frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}}, \quad (3.30)$$

где H – высота центра «огненного шара». Принимаем равной $D_s/2$, м;

D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м

$$D_s = 5,33 * m^{0,327}, \quad (3.31)$$

где m – масса горючего вещества, кг;

r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли,

м.

$$D_s = 5,33 * 34^{0,327} = 16,9 \text{ м.}$$

$$H = 8,5 \text{ м.}$$

На расстоянии $r = 10$ м

$$F_q = \frac{\frac{8,5}{16,9} + 0,5}{4 * \left[\left(\frac{8,5}{16,9} + 0,5 \right)^2 + \left(\frac{10}{16,9} \right)^2 \right]^{1,5}} = 0,159$$

Коэффициент пропускания атмосферы t рассчитан по формуле:

$$t = e^{\left[-7,0 * 10^{-4} * (\sqrt{r^2 + H^2} - (\frac{D_s}{2})) \right]} = e^{\left[-7,0 * 10^{-4} * (\sqrt{10^2 + 8,5^2} - (\frac{16,9}{2})) \right]} = 0,994. \quad (3.32)$$

$$q = 450 * 0,159 * 0,994 = 71,4 \text{ кВт/м}^2.$$

«огненного шара» ts , с:

$$ts = 0,92 * m^{0,303} = 0,92 * 34^{0,303} = 2,68 \text{ с} \quad (3.33)$$

Расчеты по сценарию «В» сведены в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Расчеты по сценарию «В»

Наименование параметра	Значение параметра
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Масса паров в облаке ТВС, кг	34
Расчетные параметры (приложение Д) /5/	
Эффективный диаметр, м	16,9
Высота центра шара, м	8,5
Продолжительность существования шара, с	2,7

По результатам расчетов построен график зависимости теплового излучения «огненного шара», кВт/м², от расстояния до его центра, м, (рисунок 3.8).

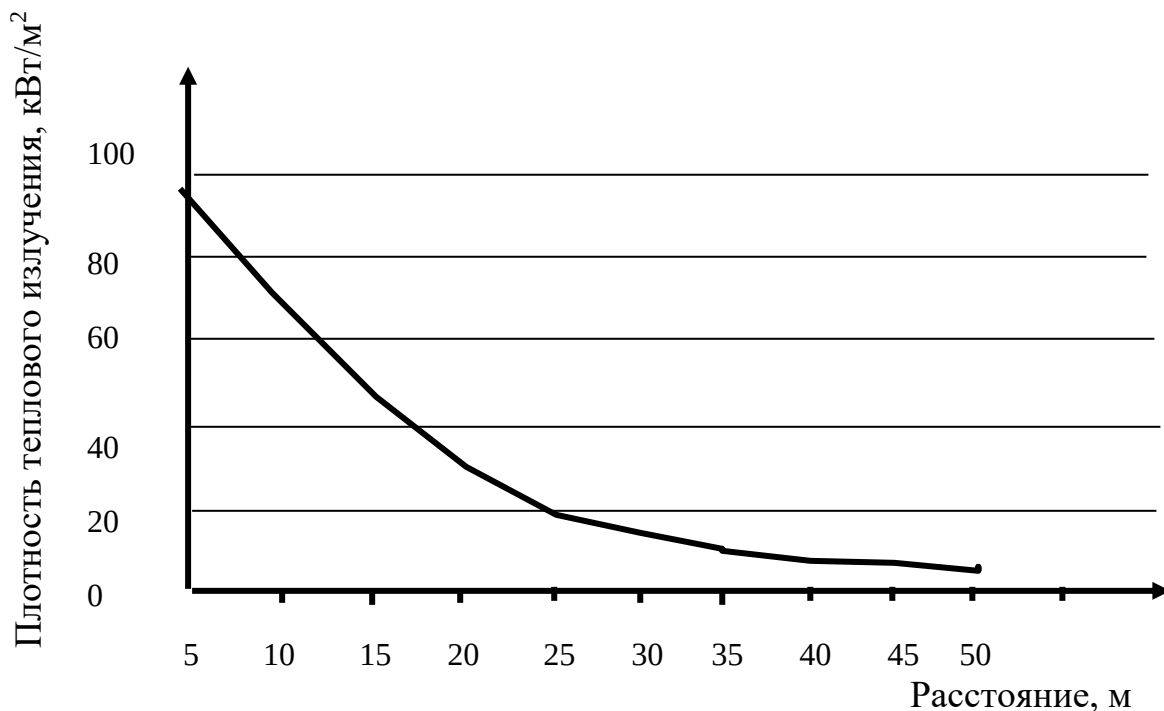


Рисунок 3.8 – Зависимость плотности теплового излучения «огненного шара» от расстояния до его центра

Результаты расчетов по сценариям Л, М, Н приведены в таблицах 3.9 – 3.11, а их графическая интерпретация – на рисунках (3.9 – 3.11).

Таблица 3.9 – Расчеты по сценарию «Л»

Наименование параметра	Значение параметра
1	2
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Подстилающая поверхность	Бетон
Расчетная температура, °С	+ 40 °С
Площадь пролива, м ²	2000
Удельная скорость испарения бензина, кг/м ²	0,00183
Продолжительность испарения, с	625
Масса паров в облаке ТВС, кг	2240
Плотность паров, кг/ м ³	3,81
Результаты расчетов	
Эффективный диаметр, м	50,47
Высота пламени, м	51,38
Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м ²	25
Массовая скорость выгорания, кг/м ²	0,06

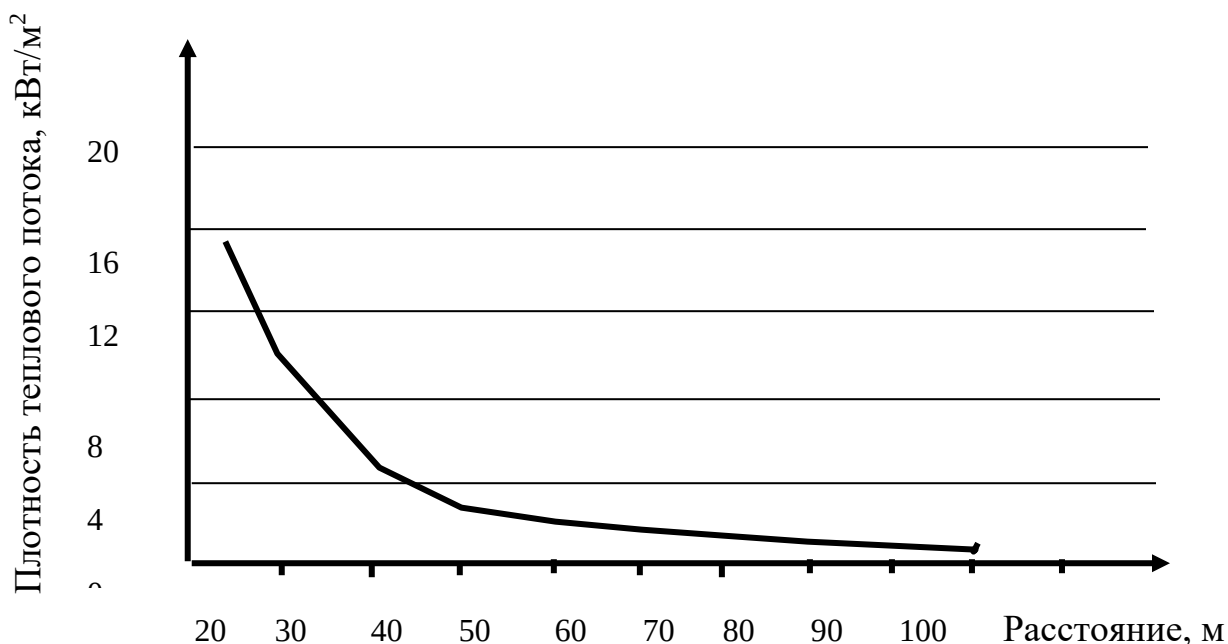


Рисунок 3.9 – Зависимость плотности теплового потока от расстояния до его центра для сценария Л

Таблица 3.10 – Расчеты по сценарию «М»

Наименование параметра	Значение параметра
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Подстилающая поверхность	Бетон
Масса паров в облаке ТВС, кг	2240
Результаты расчетов	
Коэффициент участия, К	0,1
Удельная теплота сгорания пара бензина,	43240

кДж·кг ⁻¹	
Приведенная масса паров, кг	2142,86

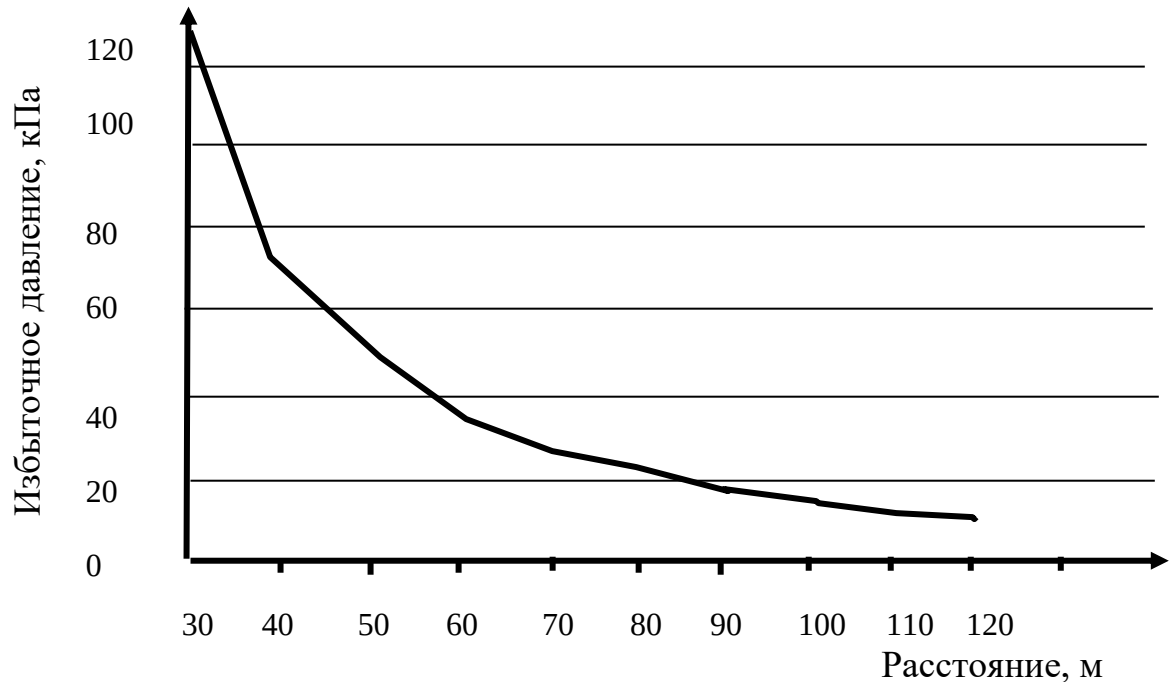
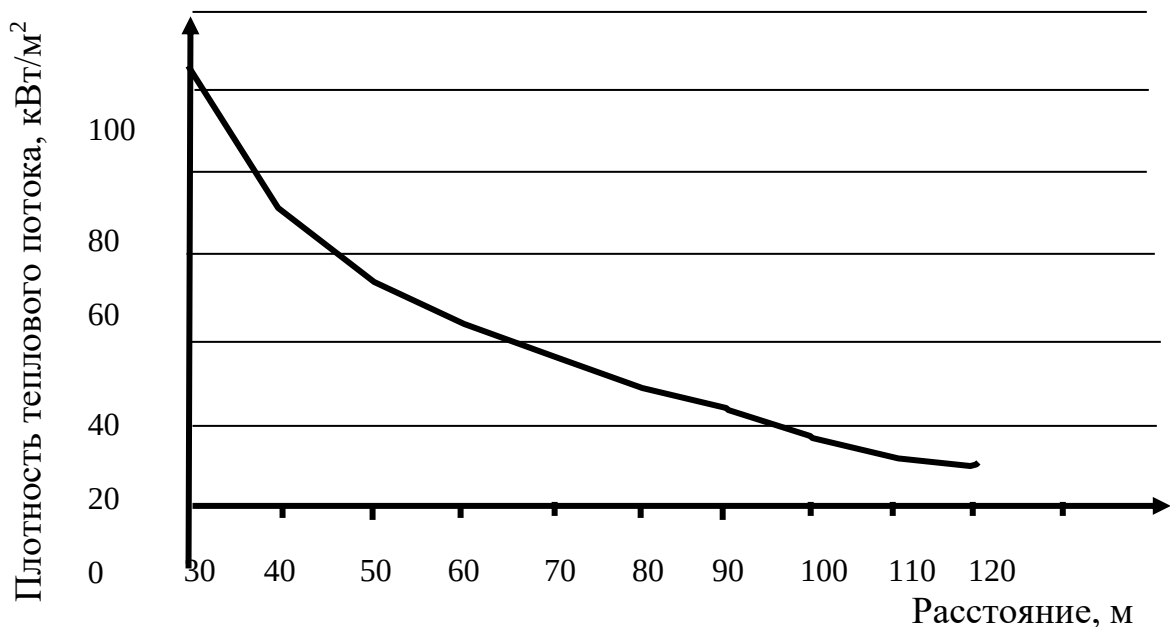


Рисунок 3.10 – Зависимость избыточного давления от расстояния до его центра для сценария М

Таблица 3.11 – Расчеты по сценарию «Н»

Наименование параметра	Значение параметра
Исходные данные	
Вид ГСМ	Бензин автомобильный
Масса паров в облаке ТВС, кг	2240
Расчетные параметры (приложение Д) /5/	
Эффективный диаметр, м	66,41
Высота центра шара, м	33,2
Продолжительность существования шара, с	0,98



плотности теплового потока от расстояния до его центра для сценария Н

**Прогнозирование масштабов заражения местности АХОВ
выполнить в соответствии с РД 52.04.253–90 [23].**

**Оценку последствий превращения конденсированных
взрывчатых веществ – в соответствии с методическими указаниями
[13].**

Результаты оценки нанести на план–схему объекта с учетом ГОСТ Р 22.0.10–96 «Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях». Извлечения из него приведены в приложении Е.

***3.4 Оценка состояния зданий, технологического оборудования,
сетей коммунально-энергетического хозяйства и производственных
возможностей объекта после техногенного происшествия
Прогнозирование поражения людей***

В данном разделе необходимо на основе результатов расчета значений избыточного давления $\Delta P\phi$, теплового излучения и других поражающих факторов сделать выводы о степени разрушения объектов и возможном поражении персонала и населения.

Оценку ожидаемого состояния зданий осуществляют, исходя из наибольшего значения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны, значений тепловых импульсов, приводящих к воспламенению материалов. Степень разрушения здания прогнозируют на ступень ниже расчетной, если к моменту аварии оно уже было в аварийном состоянии.

Оценку ожидаемого состояния зданий ($\xi_{зд}$) и технологического оборудования ($\xi_{то}$) проводят с использованием приведенного показателя устойчивости по формулам:

$$\zeta_{зд} = 1,25 * \frac{\Delta P\phi}{\Delta P_{зд}^*}, \quad (3.34)$$

$$\zeta_{mo} = 1,25 * \frac{\Delta P \phi}{\Delta P_{mo}^*} * K_1, \quad (3.35)$$

где $\Delta P \phi$ – давление воздушной ударной волны, действующее на здание, кПа;

$\Delta P_{zd}(mo)^*$ – значение давления воздушной ударной волны, вызывающее сильные разрушения зданий и технологического оборудования. Значение выбирают по данным приложения Е;

K_1 – коэффициент, учитывающий повреждение технологического оборудования обломками конструкций зданий. Значения K_1 могут приниматься следующими:

при $\zeta_{zd} \leq 0,5$	$K_1 = 1$
при $\zeta_{zd} \leq 0,5 - 1,25$	$K_1 = 1,15$
при $\zeta_{zd} > 1,25$	
а) для зданий с легкими ограждающими конструкциями	$K_t = 1,2$
б) для зданий со стенами из ж.б. панелей	$K_t = 1,6$
в) для зданий с кирпичными стенами и из бетонных блоков	$K_t = 2$

В зависимости от полученных значений ξ_{zd} и ξ_{mo} по графику (рисунок 12) определяют вероятность наступления сильных и полных разрушений зданий и технологического оборудования, а также ущерб основным производственным фондам (ОПФ) объекта экономики.

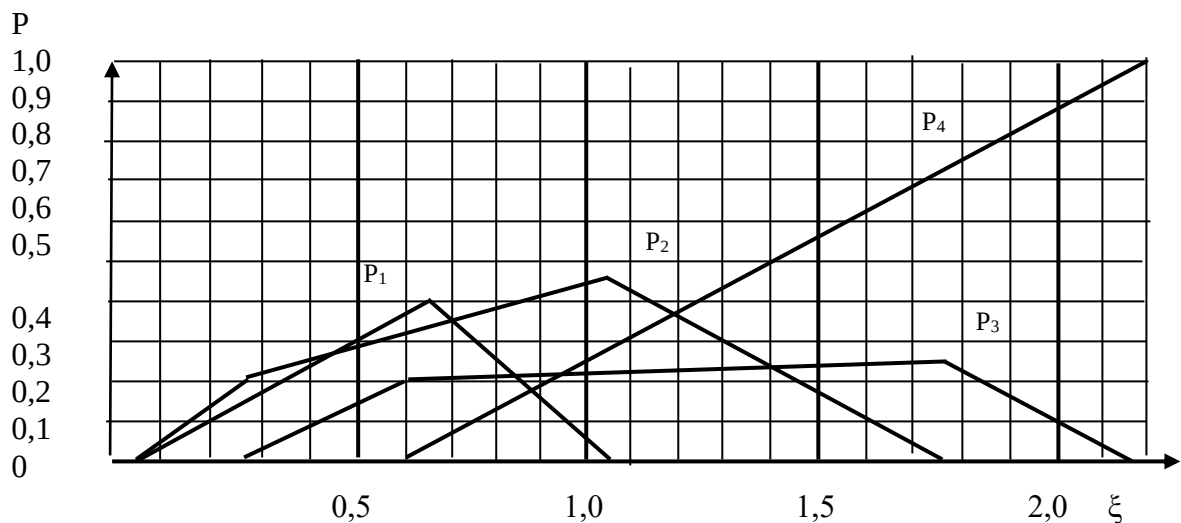


Рисунок 3.12 – Зависимость вероятности разрушений основных производственных фондов от показателя устойчивости ξ : P_1 – слабых; P_2 – средних; P_3 – сильных; P_4 – полных

При значениях $\xi_{зд}$ и $\xi_{то} < 0,3$

расчеты вероятностей разрушений цехов не производят, так как при этих значениях здания и технологическое оборудование не получают сильных разрушений.

Результаты расчетов занести в таблицу.

Пример для условия типовой задачи представлен в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Оценка устойчивости элементов объекта при действии избыточного давления

N п/п	Характеристика сооружения	$\Delta P\phi$, кПа	$\Delta P_{зд}(то)^*$, кПа	$\xi_{зд}/$ $\xi_{то}$	Вероятность разрушений			Стоим.здания/ стоим обор, тыс.руб	Ущерб, тыс.руб
					сильных	полных	суммарная		
	Производственное здание ГСМ, ж/бетон 2 этажа	30	45/35	0,83/1,23	0,22/0,23	0,15/0,4	0,37/0,63	113400/ 19200	41958/ 12096

Примечание. $\Delta P\phi$ – давление воздушной ударной волны, действующее на здание, кПа; $\Delta P_{зд}(то)^*$ – значение давления воздушной ударной волны, вызывающее сильные разрушения зданий и технологического оборудования.

Состояние сетей коммунально–энергетического хозяйства прогнозируют по наибольшему давлению во фронте воздушной ударной волны, используя справочные данные (Приложение Ж).

Оценка устойчивости ОЭ к тепловому излучению состоит в анализе:

1. максимального теплового излучения, ожидаемого на элементе ОЭ (отдельном объекте);
2. степени огнестойкости элементов ОЭ (I—V), зависящей от температуры возгорания конструкций $t_{возг}$;

3. категории пожарной опасности производства (А—Д) на основе выявления наличия сгораемых материалов зданий, веществ;

4. значений тепловых потоков, при которых происходит воспламенение материалов.

Пример для условия типовой задачи

В типовой задаче на расстоянии 25 м от центра «огненного шара» расположен домик охраны (дерево, степень огнестойкости IV). Интенсивность теплового облучения в этом месте составит 85 кВт/м². В соответствии с данными, приведенными в таблице 14, возгорание древесины произойдет практически мгновенно.

При пожаре разлива время воспламенения τ , с, определено по формуле:

$$\tau = \frac{A}{(q_{\text{погл}} - q_{\text{кр}})^n}, \quad (3.36)$$

где $q_{\text{кр}}$ – критическая плотность теплового потока, Вт/м²;

A и n – константы для конкретных материалов (например, для древесины $A = 4300$, $n = 1,61$).

$$\tau = \frac{4300}{(14700 * 0,9 - 12800)^{1,61}} = 0,24 \text{ с}$$

Таким образом, тепловое излучение при пожаре разлива и пожаре «огненный шар» вызовет мгновенное воспламенение рассматриваемого объекта.

Для остальных зданий на территории объекта рассуждения провести аналогично с использованием материала таблиц 3.13 – 3.19.

В случае возможного сценария горения деревянного здания, горения внутри резервуара с ЛВЖ или ГЖ следует воспользоваться следующей информацией.

Размер зоны теплового воздействия $R_{без}$, м, соответствует безопасному расстоянию при заданном уровне плотности излучения для человека, объекта, материалов

$$R_{без} = 0,282 R^* \sqrt{(q^{cob}/q_{кр})}, \quad (3.37)$$

где R^* – приведенный размер очага горения (для горящих зданий равный $R^* = \sqrt{LH}$ (L – длина стены, обращенной к объекту теплового воздействия, H – высота дома, м. Для случая горения нефтепродуктов в резервуаре диаметром $D_{рез}$, $R^* = 0,8 D_{рез}$), м;

q^{cob} – плотность потока собственного излучения пламени пожара (таблица 3.13), кВт/м²;

$q_{кр}$ – плотность потока падающего на объект излучения пламени пожара, критическая для рассматриваемого объекта при данной степени термического воздействия (таблица 3.14), кВт/м².

Таблица 3.13 – Теплотехнические характеристики материалов и веществ

Вещества, материалы	Массовая скорость выгорания, $v_{выг}$ кг/(м ² с)	Теплота горения, Q_p^H , кДж/кг	Плотность теплового потока собственного излучения пламени пожара, q^{cob} , кВт/м ²
Ацетон	0,047	28400	1200
Бензол	0,08	30500	2500
Бензин	0,05	44000	1780...2200
Керосин	0,05	43000	1520
Мазут	0,013	40000	1300
Нефть	0,02	43700	874
Древесина	0,015	19000	260
Каучук натуральный	0,013	42000	460
Пиломатериалы	0,017	14000	150

Таблица 3.14 – Характеристика критических тепловых нагрузок различных веществ и материалов

Вещество, материал	Бензин	Битумная кровля	Древесина сосновая	Древесина крашенная
$q_{кр}$, кВт/м ²	12,6	7,0	12,8	7,0

Таблица 3.15 – Критические значения плотностей потока падающего излучения

$q_{кр}$, кВт/м ²	Время, сек, до того, как	
	Начинаются болевые ощущения	Появляются ожоги (ожог II степени)
30	1	2
20	2	3
18	2,5	4,3
11	5	8,5
8	8	13,5
5	16	25
4,2	15-20	40
1,5	безопасно	безопасно
14,0	возгорание древесины	через 10 минут
17,5	возгорание древесины	через 5 минут
35,0	возгорание ЛВЖ	через три минуты
41,0	возгорание ГЖ	через три минуты

Примечание: ГЖ – мазут, торф, масло и т.п.; ЛВЖ – ацетон, бензол, спирт и т.д.

Таблица 3.16– Критическое значение плотности теплового потока $q_{кр}$

Вещество, материал	Плотность теплового потока q , кВт/м ²				
	20	50	100	150	200
Солома	70,3	10,2	2,9	1,4	0,91
Пенопласт	73,7	10,3	2,9	1,5	0,91
Хлопок—волокно	74,7	10,4	2,9	1,5	0,92
Х/б ткани	83,9	10,7	3,0	1,5	0,92
Торф кусковой	103,6	11,4	3,1	1,5	0,93
Картон серый	122,4	11,8	3,1	1,5	0,94
Картон белый	124,1	11,9	3,1	1,5	0,94
Темная древесина, ДСП	172,3	12,7	3,2	1,5	0,96
Бензин А-66	173,8	12,8	3,2	1,6	0,96
Древесина сосновая, шероховатая	181,5	12,9	3,3	1,6	0,96

Таблица 17 – Характер повреждений элементов зданий при действии теплового излучения

Характер повреждений элементов зданий	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Стальные конструкции ($T_{вспл}=300\text{ }^{\circ}\text{C}$) разрушение	
10 минут	30
30 минут	20
50 минут	15
Кирпичные конструкции ($T_{вспл}=700\text{ }^{\circ}\text{C}$) разрушение	
10 минут	95
30 минут	55
50 минут	35

Особенно опасен нагрев резервуаров (емкостей) с нефтепродуктами, который может привести к взрыву сосуда. В зависимости от времени облучения величина критической плотности теплового потока значительно меняется (таблица 18).

Таблица 3.18 – Зависимость критической плотности теплового потока резервуаров нефтепродуктов с температурой воспламенения ≤ 235 °С от времени воздействия

Время действия, мин	5	10	15	20	29	>30
$q_{кр}, \text{кВт/м}^2$	34,9	27,6	24,8	21,4	19,9	19,5

Результаты оценки воздействия теплового излучения представлены для условия типовой задачи в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Оценка устойчивости элементов объекта при действии теплового излучения

Номер и наименование объекта	Краткая характеристика объекта	Степень огнестойкости	Пожар пролива		Пожар «огненный шар»	
			Интенсивность падающего излучения, кВт/м ²	Время воспламенения, с	Интенсивность излучения, кВт/м ²	Время воспламенения, с
Домик охраны	Дерево, 1 этаж	IV	14,7	0,24	89	мгновенно

Определение потерь рабочих и служащих объекта экономики

Потери рабочих и служащих объекта экономики зависят от количества персонала, работающего на объекте, наличия инженерных сооружений, их устойчивости к воздействию избыточного давления, степени разрушения зданий и сооружений, в которых находится персонал, а также от количества сотрудников, которые выполняют свои обязанности на открытой местности.

При детерминированном подходе поражающий эффект ударной волны при взрыве и теплового излучения определяется величиной

интенсивностью теплового излучения в данной точке пространства.

Значения избыточного давления и теплового излучения, вызывающие поражения человека приведены в таблицах 3.20 – 3.22.

Таблица 3.20 – Потери персонала при воздействии избыточного давления на открытой местности

№ п/п	Величина избыточного давления, кПа	Степень поражения (травмы)	Характеристика поражения
1	0,2 – 0,4	Легкая	Легкое поражение (ушибы, вывихи, временная потеря слуха, общая контузия).
2	0,4 – 0,6	Средняя	Серьезная контузия организма, переломы, вывихи конечностей, повреждения органов слуха.
3	0,6–1,0	Тяжелая	Сильная контузия всего организма, повреждения внутренних органов и головного мозга, тяжелые переломы конечностей. Возможны смертельные исходы.
4	1,0	Порог смертельного поражения	
5	> 1,0	Крайне тяжелая	Полученные травмы часто приводят к смертельному исходу
6	2,5 –3,0	Летальный исход в 50% случаев	
7	> 3,0	Безусловное смертельное поражение	

Таблица 3.21 – Потери персонала при воздействии теплового излучения на открытой местности

Характер воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Летальный исход	
10 секунд	45
30 секунд	35
1 минута	20
10 минут	10
Ожог 2-ой степени	
10 секунд	20
30 секунд	10,5
1 минута	8
10 минут	6

Таблица 3.22 – Степени поражения человека тепловым излучением

Характер воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м ²
Без негативных последствий в течение неограниченного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 сек. Ожог 1 степени через 15-20 сек. Ожог 2 степени через 30-40 сек.	7,0
Непереносимая боль через 3-5 сек. Ожог 1 степени через 6-8 сек. Ожог 2 степени через 12-16 сек.	10,5
Летальный исход с вероятностью 50% при длительном воздействии около 10 сек.	44,5

На основе анализа расчетных данных сделать выводы о потерях рабочих и служащих объекта экономики.

При вероятностном способе оценки степень поражения определяют в зависимости от пробит-функции Pr .

В частности, для пожара пролива целесообразен следующий порядок определения потерь.

Определяют геометрические размеры пламени пожара разлива с учетом принятой в расчетах площади разлива (в примере – площадь обваловки) по формуле:

$$D = \sqrt{4 * F_{\text{пролив}} / \pi} = \sqrt{4 * 2000 / 3,14} = 50,5 \text{ м.} \quad (3.38)$$

Радиус разлива $r = 25,3 \text{ м.}$

Рассчитывают безразмерную скорость ветра $W_{\text{в}}$ при $m_{\text{блг}} = 0,06 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с.}$ Принимаем скорость ветра 5 м/с.

$$W_{\text{в}} = \omega * \frac{1}{\sqrt[3]{\frac{m_{\text{блг}} * g * D}{\rho_n}}}, \quad (3.39)$$

где ω – скорость ветра, м/с;

$m_{\text{блг}}$ – массовая скорость выгорания, кг/м²·с;

ρ_n – плотность паров бензина, кг/м³, $\rho_n = 3,81 \text{ кг/м}^3$;

$W_{\text{в}} = 2,5.$

Находят геометрические параметры факела пожара разлития по формуле Томаса:

$$\frac{L}{D} = a * \left(\frac{m_{\text{вкл}}}{\rho_{\text{в}} * \sqrt{g * D}} \right)^b * W_{\text{в}}^c, \quad (3.40)$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

a, b, c – эмпирические коэффициенты в формуле Томаса. $a = 55$; $b = 0,67$; $c = -0,21$.

Пример для условия типовой задачи

Геометрические параметры факела пожара разлития найдены по формуле Томаса (формула (3.40)):

$$\frac{L}{D} = 55 * \left(\frac{0,06}{1,29 * \sqrt{9,81 * 50,5}} \right)^{0,67} * 2,5^{-0,21} = 0,728.$$

Высота пламени пожара разлития составит:

$$L = 50,5 * 0,728 = 36,7 \text{ м.}$$

Косинус угла наклона пламени пожара разлития:

$$\cos \theta = 0,75 * (W_{\text{в}})^{-0,49},$$

$$\cos \theta = 0,75 * (2,5)^{-0,49} = 0,479.$$

Следовательно, $\theta = 61^\circ$.

Плотность потока теплового излучения пламени пожара разлития, падающего на элементарную площадку, q^{nad} , найдена по формуле:

$$q^{nad} = q^{cob} * \varphi * \exp(-7,0 * 10^{-4} * (R - r)), \quad (3.41)$$

где φ – угловой коэффициент излучения с площадки на боковой поверхности пламени пожара разлива на единичную площадку, расположенную на уровне грунта, определяемый по графику (рисунок 3.13);

q^{cob} – средняя по поверхности плотность потока собственного излучения пламени, кВт/м². Для ориентировочных расчетов принимают следующие значения этой величины (таблица 3.23).

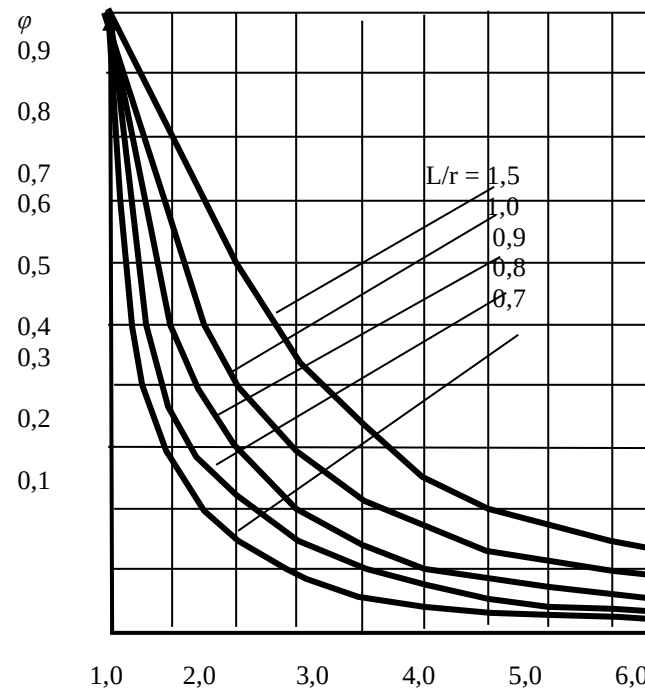


Рисунок 3.13 – Зависимость углового коэффициента излучения φ с цилиндрического пламени пожара разлития на элементарную площадку от R/r

Таблица 3.23 – Ориентировочные значения средней по поверхности плотности потока собственного излучения пламени, кВт/м²

Наименование вещества	$q^{\text{соб}}, \text{ кВт/м}^2$
Сжиженный природный газ (метан)	150-170
Сжиженный нефтяной газ	50-60
Бензин	25-60
Нефть	60-80
Мазут	50-70
Керосин	80-100

Результаты расчета сведены в таблицу 24. По графику (рисунок 13) принята линия, соответствующая $L/r = 36,7/25,2 \approx 1,5$.

Таблица 3.24 – Результаты расчета

R/r	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$R, \text{ м}$	25,2	37,5	50,4	63	75,6	88,2	100,8	113,4
φ	1,0	0,8	0,6	0,43	0,34	0,25	0,2	0,16

По значению $q^{cob} = 25$, найдена плотность потока теплового излучения q^{nad} на разных расстояниях от границы пламени. Результаты расчета сведены в таблицу 25.

Таблица 3.25 – Результаты расчета

$R, \text{ м}$	25,2	37,5	50,4	63	75,6	88,2	100,и8	113,4
q^{nad} , кВт/м ²	25	19,8	14,7	10,5	8,2	5,98	4,74	3,76

Анализ данных таблицы 3.25 показывает, что безопасным для персонала будет расстояние от обваловки более 113,4 м, где плотность падающего теплового потока будет меньше 4,0 кВт/м².

Вероятность смертельного поражения человека тепловым излучением на разных расстояниях от границы пламени находят по таблице 26, в зависимости от величины пробит – функции.

Её находят по формуле:

$$Pr = -9,5 + 2,56 * \ln(q^{1,33} * \tau), \quad (3.42)$$

где q – интенсивность теплового излучения, кВт/м²;

τ – эффективное время экспозиции, с. Эту величину определяют для пожара пролива по формуле:

$$\tau = \tau_0 + x/u, \quad (3.43)$$

где τ_0 – характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать $\tau_0 = 5$ с);

x – расстояние от места расположения человека до зоны, где плотность потока теплового излучения не превышает 4 кВт/м², м;

u – скорость движения человека, м/с (допускается принимать $u = 5$ м/с);

Эффективное время экспозиции при расчете для воздействия «огненного шара» принять в соответствии с полученными ранее значениями.

Условную вероятность поражения человека тепловым излучением определяют по данным таблицы 3.26.

Таблица 3.26 – Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от Pr

Условная вероятность поражения, %	Pr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
—	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Результаты расчета вероятности смертельного поражения человека тепловым излучением $P_{пор}$ на разных расстояниях от границы пламени для типового примера сведены в таблицу 3.27.

Таблица 3.27 – Результаты расчета

R, м	25,2	37,5	50,4	63	75,6	88,2	100,8	113,4
Pr	9,44	8,35	6,99	5,45	4,14	2,49	0,96	-
$P_{пор}$, %	100	100	97	67	19	<1	0	0

Анализ данных таблицы 27 показывает, что размеры безопасной зоны для персонала составляют около 113 м от границ пламени.

Ожидаемое число погибших на различных расстояниях определяют по соотношению:

$$N_{nn} = N_i * P_{ппор} \quad (3.44)$$

где N_i – количество людей в i -ой зоне.

Результаты расчета с учетом примерного распределения людей на территории для типового примера сведены в таблицу 3.28.

Таблица 3.28 – Результаты расчета

R,м	25,2	37,5	50,4	63	75,6	88,2	100,8	113,4
Рпор, %	100	100	97	67	19	<1	0	0
Ni	2	3	4	2	5	5	5	5
Nni	2	3	4	1	1	0	0	0

Анализ данных таблицы 3.28 показывает, что при пожаре пролива в условиях наихудшего сценария аварии погибнет около 11 человек.

Вероятностные последствия аварии для людей при возникновении «огненного шара» производят с учетом следующей информации.

Угловой коэффициент излучения с «огненного шара» на единичную площадку на облучаемой поверхности при $H = 0,5 * D_{эф}$ определяют по формуле:

$$\varphi = \frac{1}{4 * (1 + (X / D_{эф})^2)^{1,5}}, \quad (3.45)$$

где X – расстояния, на которых находится человек, м.

Плотность теплового потока, падающего с поверхности «огненного шара» на элементарную площадку на поверхности мишени q^{nad} , кВт/м², рассчитают по формуле:

$$q^{nad} = q^{cob} * \varphi * \exp(-7,0 * 10^{-4} * (\sqrt{X^2 + H^2} - D_{эф} / 2)), \quad (3.46)$$

где q^{cob} – плотность потока собственного излучения «огненного шара», кВт/м². Допускается принимать равной 450 кВт/м²;

φ – угловой коэффициент излучения с «огненного шара» на единичную площадку на облучаемой поверхности;

X – расстояние от точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара» до облучаемого объекта;

H – высота центра «огненного шара», м, которую допускается принимать равной $0,5 D_{эф}$;

$D_{эф}$ – эффективный диаметр «огненного шара», м.

типового примера сведены в таблицу 3.29.

Таблица 3.29 – Результаты расчета

R, м	100	150	200
ϕ	0,042	0,016	0,0078
q^{nad} , кВт/м ²	17,96	6,61	3,11
Pr	6,1	2,7	0,13
Рпор, %	86	1	0
Ni	26	20	16
Nni	22	0	0

Таким образом, при возникновении «огненного шара» наиболее вероятно погибнет 22 человека.

Поражения при действии избыточного давления можно оценить по формулам, представленным в таблице 3.30.

Таблица 3.30 – Выражения пробит – функций для разных степеней поражения

Степень поражения	Пробит-функция
Разрыв барабанных перепонок	$Pr = -12,6 + 1,524 * \ln P\phi$
Контузия	$Pr = 5 - 5,74 * \ln(4,2 / (1 + \Delta P\phi / P_0) + 1,3 / [I_+ / (P_0^{1/2} * m^{1/3})])$
Летальный исход	$Pr = 5 - 2,44 * \ln[7,38 / \Delta P\phi + 1,9 * 10^3 / (\Delta P\phi * I_+)]$

Общие потери персонала объекта экономики представляют собой сумму потерь персонала на открытой местности и потерь персонала, находящегося в зданиях и сооружениях:

$$P = Com + Cz, \quad (3.47)$$

где Com – потери персонала объекта экономики, работающего на открытой местности, чел;

Cz – потери персонала объекта экономики, работающего в сооружениях и зданиях, чел. Находят, используя данные таблицы 3.31.

Таблица 3.31 – Потери персонала, находящегося в момент взрыва внутри сооружений (% от численности)

N п/п	Степень разрушения сооружения	Степень поражения рабочих и служащих				
		Легкая	Средняя	Тяжелая	Крайне тяжелая	Смертельная
1	Слабая	10	2			
2	Средняя	10	5	5	3	
3	Сильная	4	6	10	20	50
4	Полная			3	7	90

Результаты расчета потерь работников внутри сооружений представить в виде таблицы (таблица 3.32).

Таблица 3.32 – Потери рабочих и служащих объекта экономики, находящихся в момент взрыва внутри сооружений

N п/п	Персонал, работающий на открытой местности	Место выполнения работ	Количество персонала, чел	Значение избыточного давления, кПа	Степень поражения рабочих и служащих				
					Легкая	Средняя	Тяжелая	Крайне тяжелая	Смертельная
1	Рабочие	Производственное здание ГСМ	50	30	5	3	2	2	нет

На основе анализа расчетных данных сделать выводы об общей численности пострадавших работников при различных сценариях аварии.

3.5 Разработка мероприятий по повышению безопасности функционирования объекта в чрезвычайных ситуациях

Разработка мероприятий является результатом исследования устойчивости в ЧС техногенно опасного объекта, усвоения теоретического и практического материала по дисциплине «Устойчивость объекта экономики в ЧС» и другим смежным дисциплинам, а также априорного

анализа нормативно-правовой, справочной и учебной литературы [1-13, 16, 21, 22, 24, 25].

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования объекта разработать с использованием знаний, полученных при изучении дисциплины, а также литературных

Мероприятия по повышению устойчивости функционирования оформляют в виде **Календарного плана подготовки и выполнения основных мероприятий по повышению устойчивости функционирования объекта экономики.** Его форма дана в приложении 3.

Основные разделы плана:

- предупреждение ЧС;
- защита рабочих и служащих;
- рациональное размещение ОПФ;
- подготовка к работе в ЧС;
- мероприятия по восстановлению производства;
- обеспечение устойчивого управления технологическим процессом.

Среди мероприятий в разделе «**Предупреждение ЧС**» необходимо предусмотреть:

- Получение лицензии на эксплуатацию опасного производственного объекта;
- Заключение договора страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации опасного производственного объекта;
- Формирование комиссии по чрезвычайным ситуациям, утверждение ее состава и задач;
- Разработка Плана действия по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера;
- Разработка Плана основных мероприятий по вопросам ГО и

ЧС;

- Организация исследовательской работы по вопросам повышения устойчивости функционирования предприятия;
- Планирование и выполнение мероприятий по повышению устойчивости функционирования предприятия;
- Организация взаимодействия с местными органами государственной власти и органами МЧС РФ по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера;
- Заключение с профессиональными аварийно–спасательными службами (формированиями) договоров на обслуживание;
- Проведение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;
- Проведение аттестации рабочих мест по условиям труда;
- Разработка новых и корректировка имеющихся инструкций, памяток по технике безопасности и охране труда;
- Составление программ обучения рабочих безопасным методам работы;
- Организация проведения вводного инструктажа по технике безопасности для поступающих на предприятие работников;
- Организация пропаганды техники безопасности, охраны труда и промышленной санитарии;
- Обеспечение противопожарной безопасности на объекте;
- Организация систематического контроля за состоянием контрольно-измерительных средств на предприятии, своевременное представление их для государственной проверки (в т. ч. приборов, находящихся на оснащение формирований ГО и в ЗС);
- Контроль соблюдения технологической дисциплины, проведение мероприятий по устранению нарушений;
- Организация разработки планов и графиков всех видов

- ремонта оборудования и сооружений;
- Контроль выполнения требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;
- Организация наблюдения за состоянием освещения, систем отопления, вентиляции и канализации, принятие мер по обеспечению соответствия систем установленным нормам;
- Прогнозирование возможных ЧС на производстве, оценка их последствий, определение размеров ущерба от возможных ЧС;
- Планирование мероприятий, направленных на снижение опасности возникновения ЧС, и осуществление контроля за их реализацией.

В разделе **«Защита рабочих и служащих»** необходимо предусмотреть:

- Создание и поддержание в постоянной готовности локальной системы оповещения о возникновении ЧС персонала объекта, населения, проживающего в опасных зонах;
- Установка сирен в районе центральных ворот, цехов и зданий;
- Обучение рабочих, служащих действиям по сигналам оповещения;
- Проведение учений и тренировок по действиям в ЧС, учений ГО с персоналом предприятия;
- Обучение рабочих, служащих и личного состава формирований ГО приемам и способам оказания само– и взаимопомощи при поражениях в различных условиях мирного и военного времени;
- Обучение персонала предприятия мерам пожарной безопасности, действиям при пожаре;
- Обеспечение работников спецодеждой, защитными приспособлениями, СИЗ, нейтрализующими веществами;
- Оснащение цехов и зданий предприятия пожарным

инвентарем;

- Обучение личного состава объекта выполнению работ по ликвидации очагов заражения, образованных АХОВ.

В разделе **«Рациональное размещение ОПФ»** предусматривают мероприятия:

- Разработка вариантов размещения технологического оборудования на открытых площадках или под лёгкими огнестойкими покрытиями;
- Разработка планов размещения пожарных гидрантов на не заваливаемой при разрушении зданий и сооружений территории;
- Контроль за соблюдений расстояний между зданиями и сооружениями, оборудованием, открытыми технологически установками и агрегатами, а также между рабочими местами и санитарно-бытовыми помещениями в соответствии с установленными нормам;
- Рациональное размещение средств тушения пожаров у наиболее опасных цехов и участков.

Раздел **«Подготовка к работе в ЧС»** включает мероприятия:

- Выполнение мероприятий по повышению устойчивости диспетчерской предприятия (установка дополнительных опор для уменьшения пролетов, применение бетонных и металлических поясов);
- Проведение мероприятий по обвалованию емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, хранилищ АХОВ и ГСМ;
- Разработка и проведение мероприятий, исключающих разлив опасных жидкостей, а также мероприятий по их локализации при аварии (установка обратных клапанов, ловушек и амбаров с направленными стоками);
- Создание заглубленных емкостей для опорожнения в них особо опасных участков технологических схем в случае аварии;
- Установка автоматического включения сливных систем,

дублирование их устройством для ручного включения опорожнения опасных участков технологических схем;

- Проведение мероприятий по увеличению механической прочности емкостей с легковоспламеняющимися жидкостями, ГСМ (установка ребер жесткости);
- Внедрение автоматической сигнализации, которая позволяет предотвращать аварии, взрывы, загазованность;
- Разработка нормативов запасов готовой продукции, контроль за их соблюдением;
- Организация формирований ГО на предприятие, обеспечение их укомплектования и оснащения;
- Подготовка личного состава служб ГО к выполнению мероприятий ГО, проведение учений ГО;
- Организация взаимодействия с территориальными и ведомственными органами ГО и между службами ГО объекта;
- Организация подготовки персонала технических служб и формирований ГО к действиям в ЧС, приемам и способам ведения АСДНР;
- Поддерживать в постоянной готовности личный состав пожарной охраны объекта, а также организовывать их подготовку, оснащение табельными средствами.

В разделе **«Мероприятия по восстановлению производства»** необходимо предусмотреть мероприятия:

- Разработка плана работ по восстановлению нарушенного производства;
- Разработка технических решений по восстановлению нарушенного производства;
- Обучение и проведение учебно-тренировочных занятий для личного состава ремонтно-восстановительных бригад;

- Заключение договоров с государственными и коммерческими организациями на проведение работ по восстановлению объекта;
- Создание резерва средств пожаротушения;
- Организация работ по тушению пожаров на территории предприятия.

Раздел «**Обеспечение устойчивого управления технологическим процессом**» включает мероприятия:

- Подготовка руководящих работников и ведущих специалистов к взаимозаменяемости. Недостающих специалистов готовят из числа квалифицированных рабочих;
- Внедрение надежной системы получения и передачи необходимой информации, ее быстрой обработки и анализа;
- Обеспечение сохранения технической документации (микрофильмы, дубликаты);
- Составить план подготовки руководящего состава к организации управления в ЧС;
- Разработать схему управления заводом в ЧС;
- Развертывание ПУ и руководство проведением АСДНР;
- Подготовка органов управления к действиям в ЧС;
- Выполнение основных работ по ПУФ предприятия;
- Обеспечение основных ПУ средствами связи;
- Обеспечение защищенными ПУ средствами связи;
- Создание резерва подвижных средств связи;
- Разработка планов взаимодействия с территориальными органами управления;
- Подготовка ОУ к переводу производства на режим работы в ЧС;
- Обеспечение взаимозаменяемости руководящего состава;
- Бронирование специалистов.

3.6 Указания на технико-экономическое обоснование принимаемых существенных инженерных решений

При включении в Календарный план ... существенных инженерных решений следует произвести их технико – экономическое обоснование [13]. Эффективность мероприятий по повышению устойчивости работы объекта экономики в чрезвычайных ситуациях определяется по формуле

$$W = \Delta Q / (q_2 - q_1), \quad (4.1)$$

где ΔQ – дополнительные затраты на проведение мероприятий, тыс. руб.;

q_2, q_1 – вероятности сохранения цеха соответственно до и после проведения мероприятий по повышению устойчивости работы объекта экономики.

Используют следующие типовые конструкции. Для установки противообвальных устройств на конструкциях перекрытий цехов требуется затратить 7 тыс.руб. на 1 м² производственной площади цеха. При этом вероятность сохранности оборудования при давлениях, вызывающих не менее сильных разрушений зданий, достигает равной 0.9.

Для установки защитных кожухов вантового типа требуется затратить 9 тыс. руб на 1 м² площади станка (ΔQ_1), а на устройство решетчатых пластических конструкций 5 тыс. руб на 1 м² (ΔQ_2). При этом вероятность сохранности оборудования при давлениях, вызывающих не менее сильных разрушений зданий может приниматься равной 1.

Площадь кожухов для защиты станочного оборудования может приниматься из расчета: 4 – 6 м² для легкого оборудования и 12 – 16 м² – для тяжелых станков и гидравлических прессов.

4. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАПИСАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Пояснительную записку к курсовой работе выполняют шрифтом Times New Roman, размер (кегель) – 14, межстрочный интервал – полуторный. Поля: слева – 30 мм, справа – 15 мм, сверху и снизу – 20 мм.

Объем пояснительной записки 30 – 40 страниц формата А4 (без приложений) и один – два листа иллюстрационного материала (формат плаката – А1 или А4), который выполняют на ватмане и в виде слайдов. При демонстрации на экран слайдов необходимо представить их копии (формат А4).

5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

При выполнении и оформлении результатов, полученных в процессе выполнения курсовой работы, целесообразно исходить из следующих рекомендаций, касающихся объема и формы представления материалов, а также процедуры их защиты.

Курсовая работа должна содержать:

- титульный лист (приложение А);
- индивидуальное задание;
- реферат (аннотация);
- содержание;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием на курсовую работу;
- список использованных источников;
- перечень условных обозначений, символов и терминов (при необходимости);
- приложение (при необходимости).

Тему курсовой работы оформляют заданием на курсовое проектирование, в котором указывают тему работы, дату выдачи задания, срок представления работы. Задание подписывает руководитель курсовой работы и утверждает заведующий кафедрой.

Задание на курсовую работу должно быть оформлено в первую неделю 2-го семестра. Руководитель курсовой работы проводит еженедельные консультации.

Сроки выполнения курсовой работы 2 – 10 недели семестра, оформления работы – 11–12 недели, защита – 13 неделя семестра.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Раздел 1

Паспорт безопасности объекта

Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / [С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. В. Ильиницкая и др.] ; под ред. С. В. Белова . - Изд. 8-е, стер. - М. : Высшая школа, 2012. - 616 с. : ил. - Прилож.: с. 611-612. - Библиогр. с. 613. - ISBN 978

Северцев, Н. А. Системный анализ и моделирование безопасности : учеб. пособие / Н. А. Северцев, В. К. Дедков. - Москва : Высшая школа, 2002. - 462 с. : ил. - (Для высших учебных заведений. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 458-462. - ISBN

2. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Москва : Юрайт, 2010. - 678, [1] с. : ил., табл. ; 22. - (Университеты России). - Гриф: Рек. СПбГПУ. - Библиогр.: с. 673-679. - Имен. указ.: с. 670-672. - ISBN 9

3. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И.У. Ямалов. - Москва : Лаборатория базовых знаний, 2009. - 288 с. : ил. ; 24. - Библиогр.: с. 277-288 (228 назв.). - ISBN 978-5-93208-193-8

Раздел 2

4. Белов, П. Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере : учеб. пособие / П. Г. Белов. - М. : Академия, 2003. - 512 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 504-502. - ISBN 5-7695-1039-0
5. Хомяков, П. М. Системный анализ : экспресс-курс лекций / П. М. Хомяков ; под ред. В. П. Прохорова. - Изд. 3-е. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008. - 216 с. : ил. - Библиогр.: с. 209-212. - ISBN 978-5-382-00695-6
2. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Москва : Юрайт, 2010. - 678, [1] с. : ил., табл. ; 22. - (Университеты России). - Гриф: Рек. СПбГПУ. - Библиогр.: с. 673-679. - Имен. указ.: с. 670-672. - ISBN 9
7. Шапкин, А. С. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций : учебник / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин ; Изд.-торг. корпорация "Дашков и К" . - Москва : Дашков и К, 2002. - 879 с. - Библиогр.: с. 865-871. - ISBN 5-94798-488-
8. Макдональд, Д. Промышленная безопасность, оценивание риска и системы аварийного останова : практ. руководство / Дейв Макдональд ; [пер. с англ. Хвилевичко Л. О., Серебрянского А. Я.] . - М. : Группа ИДТ, 2007. - 409 [7] с. : ил., табл.
9. Шоломицкий, А. Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска : учеб. пособие для студентов вузов / А.Г. Шоломицкий . - Москва : Издательский дом ГУ ВШЭ, 2005. - 400 с. - (Учебники Высшей школы экономики). - Предм. указ.: с. 381

Раздел 3

10. РД 08–120–92. Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов: утв. Постановлением Госгортехнадзора России № 29 от 12.07.96 // <http://www.norm-load.ru>.
11. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС.-М.:ВНИИ ГОЧС, 1994

12. РД 03–418–01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – М. : ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. – 46 с.
13. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
14. РД 03–418–01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. – М. : ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. – 46 с.
15. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов предприятий ОАО «ГАЗПРОМ» СТО РД Газпром 39-1.10-084-2003:-М.:ИРЦГазпром,2003.-Т. 1-2.- 314с.
12. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах. - М.: ВНИИ ГОЧС, 1993. - 41 с.
17. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси»). - 2-я ред. - М., 1998. - 80.

Раздел 4

Паспорт безопасности объекта

Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / [С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. В. Ильиницкая и др.] ; под ред. С. В. Белова . - Изд. 8-е, стер. - М. : Высшая школа, 2012. - 616 с. : ил. - Прилож.: с. 611-612. - Библиогр. с. 613. - ISBN 978

Северцев, Н. А. Системный анализ и моделирование безопасности : учеб. пособие / Н. А. Северцев, В. К. Дедков. - Москва : Высшая школа, 2002. - 462 с. : ил. - (Для высших учебных заведений. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 458-462. - ISBN

2. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Москва : Юрайт, 2010. - 678, [1] с. : ил., табл. ; 22. - (Университеты России). - Гриф: Рек. СПбГПУ. - Библиогр.: с. 673-679. - Имен. указ.: с. 670-672. - ISBN 9

3. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И.У. Ямалов. - Москва : Лаборатория базовых знаний, 2009. - 288 с. : ил. ; 24. - Библиогр.: с. 277-288 (228 назв.). - ISBN 978-5-93208-193-8

Раздел 5

Паспорт безопасности объекта

Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / [С. В. Белов, В. А. Девисилов, А. В. Ильиницкая и др.] ; под ред. С. В. Белова . - Изд. 8-е, стер. - М. : Высшая школа, 2012. - 616 с. : ил. - Прилож.: с. 611-612. - Библиогр. с. 613. - ISBN 978

Северцев, Н. А. Системный анализ и моделирование безопасности : учеб. пособие / Н. А. Северцев, В. К. Дедков. - Москва : Высшая школа, 2002. - 462 с. : ил. - (Для высших учебных заведений. Безопасность жизнедеятельности). - Библиогр.: с. 458-462. - ISBN

2. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ : учебник / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. - Москва : Юрайт, 2010. - 678, [1] с. : ил., табл. ; 22. - (Университеты России). - Гриф: Рек. СПбГПУ. - Библиогр.: с. 673-679. - Имен. указ.: с. 670-672. - ISBN 9

3. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций / И.У. Ямалов. - Москва : Лаборатория базовых знаний, 2009. - 288 с. : ил. ; 24. - Библиогр.: с. 277-288 (228 назв.). - ISBN 978-5-93208-193-8

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерный институт

КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТЕХНОСФЕРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине
«Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности»
на тему:

Выполнил:Иванов И.А..

студент 2 курса группы
направления 20.04.01

очной формы обучения

(подпись)

Руководитель работы
Абдулина Е.Р., к.т.н., доцент
Доцент кафедры ТМиТБ

Работа допущена к защите

(подпись руководителя)

(дата)

Работа выполнена и
защищена с оценкой

Дата защиты

Члены комиссии:

(должность)

(подпись)

(И.О.Фамилия)

Ставрополь, 2024 г.

Приложение Б

Условие типовой задачи

В типовой задаче для склада ГСМ предусмотрено оценить последствия техногенного происшествия на объекте с поступлением в окружающую среду взрывопожароопасного вещества, а также последствия возможного разрушения технологического оборудования с АХОВ и взрывчатым веществом на соседних объектах.

План – схема склада ГСМ приведена в приложении В.

Масштабный план местности – в приложении Г.

Склад ГСМ выполняет работы по приёму, хранению и отпуску следующих видов горюче–смазочных материалов:

Бензин автомобильный

Дизельное топливо.

Склад ГСМ расположен на окраине г. Сурск. На расстоянии 2000 м севернее склада ГСМ расположен объект с запасами АХОВ, на расстоянии 9500 м северо–восточнее склада находится объект с запасами взрывчатого вещества. На юге в непосредственной близости от склада проходит автомобильная федеральная трасса. Склад расположен в промышленной зоне города. Жилых строений вблизи объекта нет.

Объект продолжает работу в военное время, имеет категорию по ГО.

На территории склада имеется убежище ГО IV класса (А–IV–300). Вместимость 300 человек. Убежище отдельно стоящее. Убежище используют в мирное время как склад имущества ГО и учебный класс ГО. В убежище оборудован защищенный пункт управления предприятием.

Площадь территории объекта – свыше 2,3 га.

Граница объекта огорожена металлическим забором.

Свободная от застройки территория объекта благоустроена.

На территории склада ГСМ расположены:

- 4 вертикальных резервуара для хранения бензина общим объёмом 8000 м³ (42,43,1). Резервуар вместимостью 3000 м³ (42) постоянно заполнен для обеспечения производственного процесса на 30 -35%, что

составляет 1250 м³;

- подземный резервуар с дизельным топливом (ДТ) – 50 м³ (29);
- 2 подземных резервуара для бензина общим объёмом – 165 м³ (27, 28).

Категория склада – IIIa [24].

Также, на территории склада ГСМ размещены:

- сливные железнодорожные стойки (10);
- заправочный пункт (26);
- насосная станция (34) ;
- сборные аварийные колодцы (16) ;
- приёмо–раздаточный пункт (5);
- трансформаторная подстанция (17);
- производственное здание ГСМ (6) ;
- ловушка и нефтеловушка (18, 19);
- устройство для слива отстоя (7);
- сливно–наливная эстакада, (38);
- площадка для фильтров (21);
- сторожевая будка (15);
- бытовой домик (24);
- трубопроводы и запорная арматура для раздачи топлива.

Производственное здание ГСМ. Одноэтажное, без подвала, кирпичное здание с перекрытием из железобетонных плит имеет габариты в плане 10*25 м. Крыша односкатная с рулонной кровлей. Двери деревянные, окрашенные масляной краской. В здании имеются окна с двойными застеклёнными деревянными рамами.

Резервуарный парк топлива. На территории резервуарного парка находятся надземные вертикальные резервуары (1, 42, 43) внутри каре обвалования, подземные резервуары (27, 28, 29) размещены в железобетонных футлярах–саркофагах.

Стены футляров–саркофагов выполнены из панелей стеновых лёгкобетонных, в которых на железобетонных опорах ниже уровня земли установлены цилиндрические горизонтальные в плане резервуары (отметка минус 1,0 м). Крыша саркофага выполнена из пустотелых железобетонных плит.

Все резервуары установлены на железобетонные столбики высотой 0,2 м от основания (фундамента) склада. Основание склада выполнено с уклоном в сторону приёмника утечек. Приёмник утечек оборудован трубой контроля герметичности резервуаров с заглушкой, выполненной из перфорированной асбоцементной трубы диаметром 273 мм.

Пространство под резервуарами засыпано промытым крупным гравием, а прочее свободное пространство – мелкозернистым песком с уплотнением. Резервуары рассчитаны на избыточное давление паров не более 0,07 МПа.

Каждый резервуар оборудован:

- двумя технологическими шахтами, с расположенным в них технологическим оборудованием;
- горловиной с крышкой, имеющей прокладку из маслобензостойкой резины;
- топливопроводом наполнения, оснащённым расположенным в сливном колодце приёмным патрубком с муфтой МСМ и фильтром грубой очистки;
- топливопроводом выдачи;
- замерным колодцем для метр-штока (который используется при определении уровня топлива в резервуарах);
- трубопроводом газоуравнительной системы;
- дыхательной трубкой, оборудованной совмещённым механическим клапаном с огневым преградителем типа СМДК–50. Клапан установлен на конце вертикального участка дыхательного трубопровода на высоте 4,5 м от

уровня планировочной отметки земли и служит для выравнивания давлений в резервуаре и окружающем пространстве при «малых» дыханиях.

Вертикальные резервуары размещены на насыпном основании, сверху забетонированном. Для ограничения разливов нефтепродуктов по территории предприятия резервуары для светлых нефтепродуктов расположены в земляном обваловании.

Нефтепродукты на склад ГСМ принимают по железной дороге. Слив продуктов из железнодорожных цистерн (одновременная погрузка – трёх четырёхосных цистерн либо две восьмиосных) осуществляют приборами нижнего слива (УСН – 150) и стояками верхнего слива. Сливно–наливная эстакада односторонняя. Шаг установки сливных устройств 6 м. Эстакада слива оборудована 23 метровым металлическим поддоном с 10 см отбортовкой с выходом через коллектор на резервуар (25 м³). По железной дороге в среднем подают для слива 3 вагона – цистерны емкостью 60 м³

Автоэстакады налива нефтепродуктов оборудованы одинарными и спаренными автоналивными стояками. Стояки оборудованы приямками, засыпанными песком и ограниченными бордюрами.

Перекачку нефтепродуктов осуществляют через систему надземных и подземных нефтепроводов.

Контроль за технологическим процессом осуществляют из операторской. Контроль уровня нефтепродуктов в резервуарах визуальный при непосредственном наблюдении помощника оператора. Управление процессом – ручное.

Для сбора условно чистых ливневых стоков и аварийных проливов ГСМ используют систему ливневой канализации, включающую:

- а) открытые железобетонные лотки, расположенные по периметру разгрузочной площадки и забранные металлическими решётками;
- б) дренажный трубопровод, связывающий лотки с резервуаром сбора крупных утечек и ливневых вод;

в) заглубленный стальной резервуар ёмкостью 4 м³, выполняющий роль сборника ливневых вод и аварийных проливов ГСМ. По мере наполнения резервуара загрязнённые нефтепродуктами сточные воды и осадок вывозят спецавтотранспортом в места, согласованные с природоохранными службами.

Характеристика объекта с точки зрения взрывопожарной опасности

На территории склада расположены следующие взрывопожароопасные объекты.

Сливно-наливная эстакада. С целью повышения взрывопожарной и экологической безопасности при сливе топлива используется газоуравнительная система «резервуар–автоцистерна», которая позволяет исключить попадание паров ГСМ в атмосферу при сливных операциях. Взрывопожарная опасность возникает в случае аварийной разгерметизации резервуара железнодорожной цистерны либо – сливного рукава.

Заглубленный склад ГСМ. Взрывопожарную опасность представляют дыхательные клапаны СМДК–50 в моменты «малого» дыхания резервуаров.

Приемо-раздаточный пункт. Взрывные явления и возгорания на заправочной площадке могут возникнуть как в штатном режиме эксплуатации, так и в результате аварийных проливов ГСМ.

Характеристика моторного топлива с точки зрения аварийной безопасности.

Автомобильный бензин и дизельное топливо являются техническими жидкостями – продуктами переработки нефти, обладающими повышенной взрывопожарной опасностью. Данные виды моторного топлива изготавливаются методом прямой перегонки нефти и вторичных процессов (термокрекинга, коксования и каталитического риформинга).

Моторное топливо способно электризоваться:

- при прокачке по рукавам и трубопроводам;
- прохождении через фильтры;

- ударе струи топлива о твёрдую поверхность;
- разбрызгивании в воздухе при падении с высоты.

Накопление статических зарядов опасно во взрывопожарном отношении, т.к. может вызывать образование электрических искр, поскольку пробой воздуха с парами нефтепродуктов возможен уже при разности потенциалов 300 – 500 В. Электризуемость топлива зависит от ряда его свойств: содержания воды, механических примесей, продуктов окисления, вязкости и может колебаться в некоторых пределах.

Описание технических решений, обеспечивающих противоаварийную безопасность склада ГСМ.

В качестве технических решений, позволяющих предотвратить возникновение чрезвычайных ситуаций, а также локализовать их, следует отметить следующее.

Сливоналивная эстакада. По периметру установлены железобетонные лотки, служащие для перехвата и направления в заглубленный резервуар моторного топлива, пролитого в результате аварии.

Для снятия статических зарядов с железнодорожной цистерны на сливоналивной эстакаде смонтировано защитное заземляющее устройство (ЗЗУ), к которому медным кабелем подключают корпус цистерны перед началом слива. Электрическое сопротивление ЗЗУ 0,5 Ом.

Резервуары склада ГСМ имеют повышенную антикоррозионную защиту и размещены в заглубленном железобетонном саркофаге. С целью предотвращения резервуаров от всплытия при попадании внутрь саркофага воды они установлены на железобетонных опорах высотой 200 мм и прикреплены к основанию анкерными болтами.

Для сбора возможных утечек фундамент саркофага имеет уклон в сторону приёмника утечек, над которым смонтирована труба контроля герметичности резервуаров.

Приёмные патрубки резервуаров снабжены быстроразъёмными муфтами типа МСМ, обеспечивающими герметичный слив моторного топлива.

Аэрация парового пространства резервуаров обеспечивается с помощью дыхательных трубок, снабжённых дыхательными клапанами СМДК–50, совмещёнными с огнепреградителями.

На крышках всех люков, имеющих на крыше саркофага, смонтированы резиновые прокладки.

Для защиты от проявлений статического электричества корпуса всех резервуаров надёжно заземлены.

С целью устранения выбросов паров моторных топлив «большого» дыхания (во время слива топлива из автоцистерн) на резервуарах смонтирована газоуравнительная система, позволяющая возвращать пары в автоцистерну.

Заправочная площадка

Топливопроводы. Патрубки трубопроводов подачи топлива оснащены огнепреградителями. Защита от действия вторичного (индукционного) действия молнии – установка стальных перемычек не требуется, т.к. длина топливопроводов не превышает 30 м.

Молниезащита. Защита от молнии заглубленного склада ГСМ (саркофага), разгрузочной и заправочной площадок осуществляется многократным стержневым молниеприёмником (9 шт.). Электрическое сопротивление контура заземления стержневых молниеприёмников отвечает нормативным требованиям. Зона защиты молниеотвода – это пространство, внутри которого объект защищён от прямых ударов молнии (ПУМ) с надёжностью не ниже определённого значения. Геометрические параметры зоны защиты молниеприёмника от ПУМ зависят от выбранного уровня защиты.

Размер санитарно–защитной зоны составляет 100 м, что соответствует требованиям СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 «Санитарно–защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Рельеф местности на участке размещения склада ГСМ спокойный. Вся территория участка размещения склада имеет твёрдое покрытие, обрамлённое бордюрным камнем:

- а) сливоналивная эстакада для железнодорожных цистерн – бетонное;
- б) приемо-заправочный пункт–цементобетонное с железнением;
- в) заправочный пункт – бетонное;
- г) подъездные пути – асфальтобетонное.

Склад ГСМ работает в круглосуточном режиме.

Общая численность работников на объекте – 90 человек.

Данные о размещении персонала объекта по его административным единицам и составляющим с указанием численности наибольшей работающей смены представлены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Сведения об общей численности работников на объекте

№ п/п	Наименование подразделения (участков)	Численность наибольшей работающей смены, человек	Средняя численность рабочей смены, человека
1	Сливоналивная эстакада	12	8
2	Производственное здание ГСМ	50	45
3	Приёмо-раздаточный пункт	12	10
4	Заправочный пункт	3	2
	Насосная станция	3	2
	Склад масел	3	2
5	Сторожевая будка	2	1
	Домик охраны	2	1
	Итого:	87	71

Сведения об общей численности работников других объектов, размещенных вблизи декларируемого объекта, представлены в таблице Б.2.

Таблица Б.2

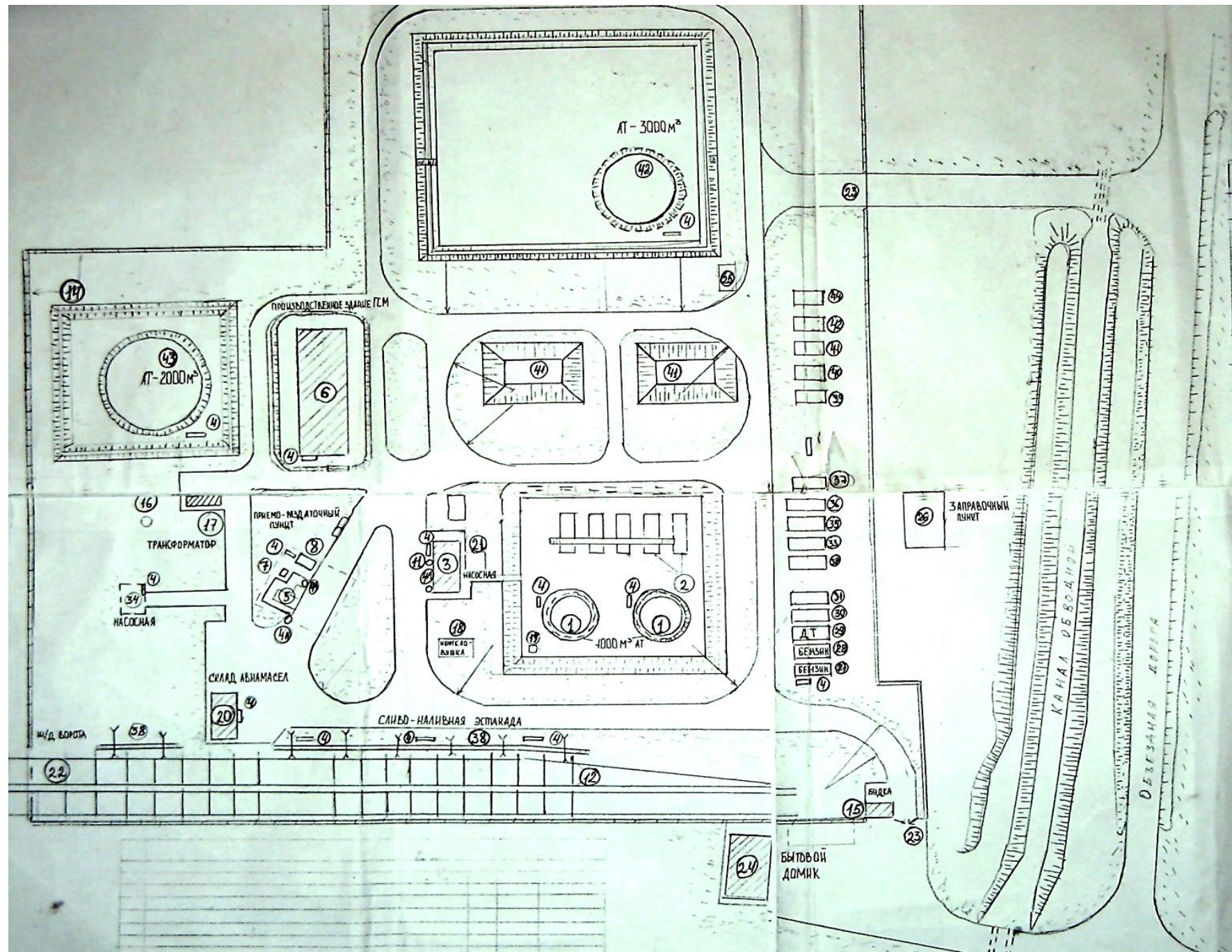
№ п/п	Наименование организации	Удаленность от границ предприятия	Численность наибольшей работающей смены
	Объект 1	300 м юго-восточнее	70
	Объект 2	500 севернее	150
	Объект 3	200 м южнее	200

Характеристика зданий и сооружений приведена в таблице Б.3.

Таблица Б.3 – Характеристика зданий и сооружений

№ по плану	Наименование здания (сооружения)	Кол-во этажей	Тип каркаса	Тип ограждающих конструкций	Степень огнестойкости	Стоимость здания, тыс. руб	Стоимость оборудования, тыс. руб
6	Производственное здание ГСМ	2 этаж	Тяжелый	Кирпич	I (3 часа)	113400	19200
5	Приёмо-раздаточный пункт	1 этаж	Легкий	Кирпич	III (2 часа)	69120	15360
26	Заправочный пункт	1 этаж	Легкий	Кирпич	III (2 часа)	22800	5700
3	Насосная станция	1 этаж	Легкий	Кирпич	III (2 часа)	6552	6000
25	Домик охраны	1 этаж		Дерево	IV (0,5 часа)	2500	750
20	Склад масел	1 этаж	Легкий	Кирпич	III (2 часа)	74880	1536
24	Бытовой домик	1 этаж		Дерево	IV (0,5 часа)	5994	980
1, 42, 43	Резервуары вертикальные			сталь			690

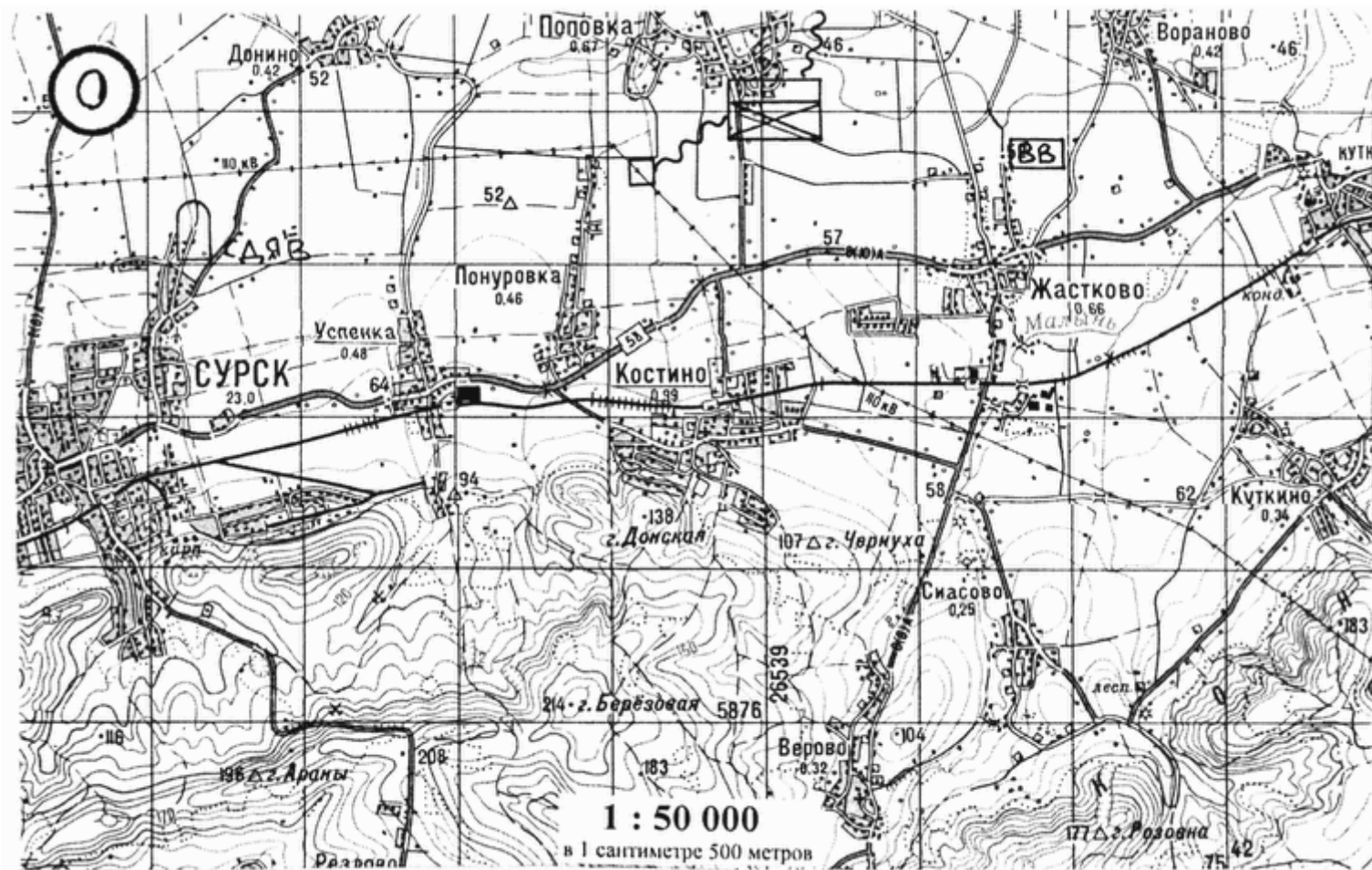
Приложение В



Нумерация объектов на плане – схеме приведена в таблице В.1.

Таблица В.1

Номер позиции	Наименование объекта	Номер позиции	Наименование объекта
1	вертикальные стальные резервуары – 1000 м ³	17	трансформаторная подстанция
2	горизонтальные стальные резервуары – 75 м ³	18, 19	прямоток ловушка и нефтеловушка
3	насосная станция	20	склад авиамасел
4	пожарные шкафы	21	площадка для фильтров
5	приемо – раздаточный пункт	22, 23	ворота автом., железнодорож..
6	производственное здание ГСМ	24, 25	бытовой домик и домик охраны
7	устройство для слива отстоя	26	заправочный пункт
8	хранение жидкости	27 – 33	резервуары наземные
9	сторожевая будка и навес	34	насосная
10	сливные железн. стойки	35 – 37, 39, 40, 41, 44	резервуары горизонтальные
11	огнетушители	36	сливно – наливная эстакада
15	проходная будка	42, 43	вертикальные стальные резервуары – 3000 м ³
16	сборный авар. колодец		



Приложение Д

Таблица Д.1 – Значения вероятностей отказов

Тип отказа оборудования	Вероятность отказа
Разгерметизация технологических трубопроводов	$5 * 10^{-3}$ в год
Отказ насосного оборудования	$5 * 10^{-3}$ в год
Разрыв соединительных рукавов при сливе автомобильных и железнодорожных цистерн	$1 * 10^{-2}$ в год на 1 шланг (рукав)
Разгерметизация резервуаров (включая разрыв сварных швов и фланцев трубопроводов обвязки) частичное разрушение полное разрушение	$1 * 10^{-6}$ в год $0,5 * 10^{-7}$ в год
Резервуары (изотермические хранилища) с двойной оболочкой	$1 * 10^{-6}$ в год
Резервуары (хранилища) с одинарной оболочкой или сосуды под давлением	$1 * 10^{-4}$ в год
Трубопроводы	$5 * 10^{-6}$ м в год
Утечка из трубопровода	$2,6 \cdot 10^{-7}$ в год

Таблица Д.2 – Отдельные интенсивности отказов оборудования

Наименование оборудования	Интенсивность отказов, отказы/час
Нагнетатели	5.E-6
Бойлеры (все типы)	1,1. E-6
Питательные насосы бойлеров	E1.0-3
Болты	2E-8
Краны	7.8 E-6
Диафрагмы (металл)	5 E-6
(резина)	8E-6
Каналы	1E-6
Электромоторы(обычные)	1E-5
Фильтры (блокировка)	1E-6
(утечка)	1E-6
Газкеты	5E-7
Шланги (высоконапряженные)	4E-5
(слабонапряженные) Сопловые устройства	4E-6
(блокировка)	6E-6
(разрыв)	2E-6
Гайки	2E-8
Фильтры (фиксированные)	1E-6
(переменные)	5E-6
Штифты	1.5E-6
Соединения труб	5E-7
Трубы	2E-7
Сосуды давления (обычные)	3E-6
(высокий стандарт)	3E-7
Пломбы (О-кольцевые)	2E-7

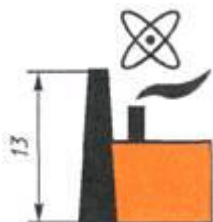
(вращающиеся)	7E-6
(скользящие)	3E-6
Соединения и стыки	4E-7
Клапаны (шаровой)	5E-7
(управляющий)	3E-5
(ручной)	1.5E-5
(сбросной блокировка0	5E-7
(сбросной утечка)	2E-6
(соленоид)	3E-5

Приложение Е

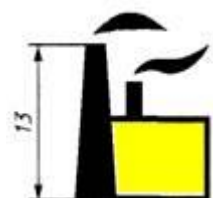
Извлечение из ГОСТ Р 22.0.10–96 «Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях»

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЗНАКИ (ДЛЯ КАРТ МАСШТАБА 1:200000)

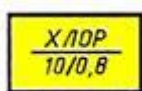
Е.1 Источники техногенных ЧС



– заводы переработки радиоактивных веществ



– химически опасные объекты (ХОО), использующие опасные химические вещества



– характеристика хранилища ХОО

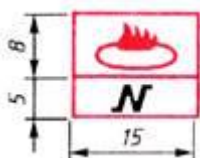
Примечание – В числителе – тип вещества, в знаменателе – максимальное количество, тонн, и в максимальной емкости, тонн



– ХОО, производящие опасные химические вещества



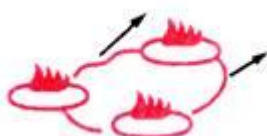
– зона возможного заражения (ЗВЗ) опасным химическим веществом



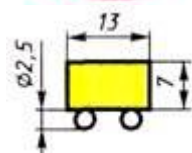
– взрывопожарные объекты (N – число объектов)



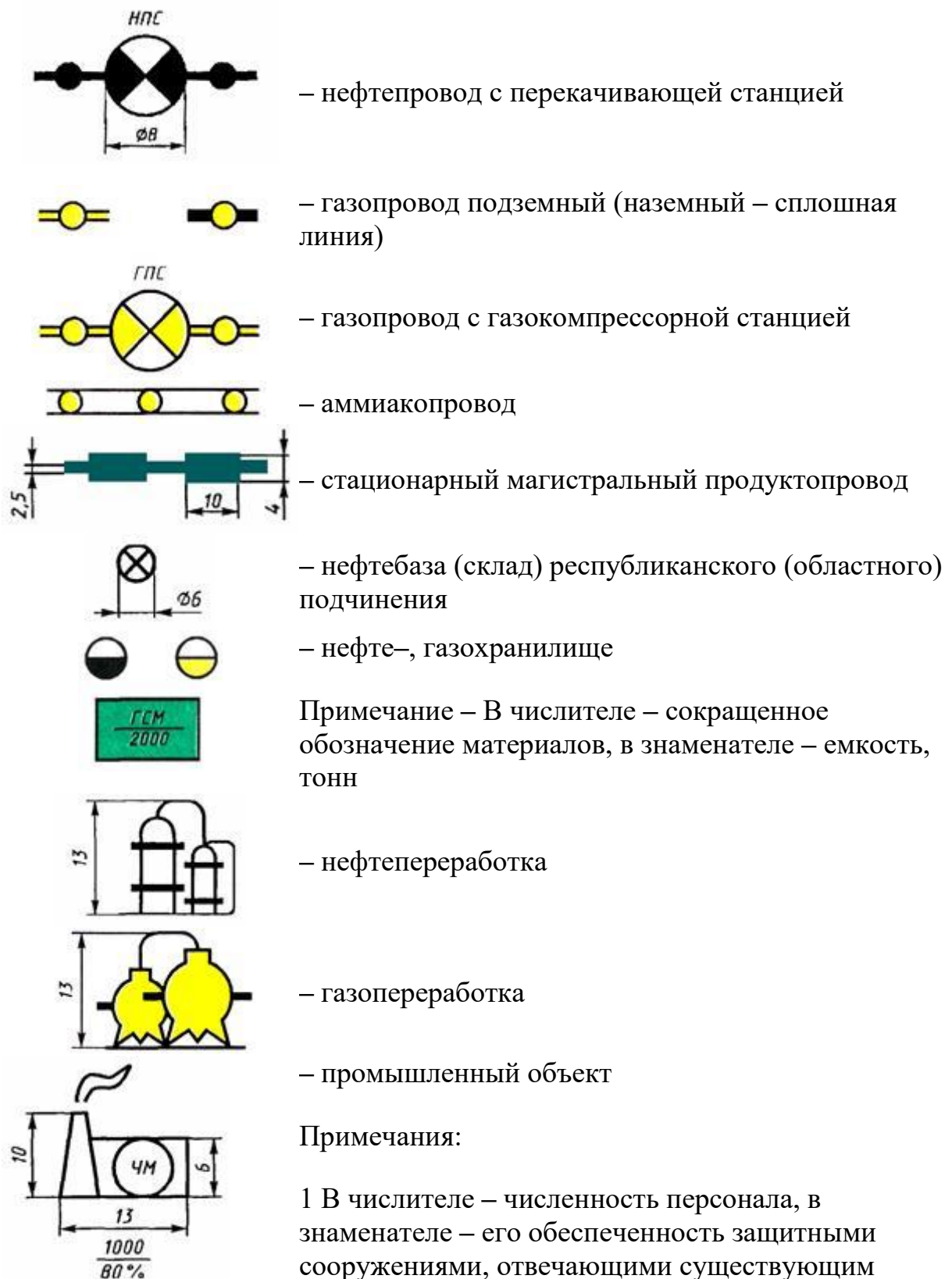
–очаг пожара



–район пожара и направление его распространения



– скопление железнодорожного транспорта с опасными химическими веществами



АВТ – автомобильная, АТ – атомное машиностроение, ГП – газоперерабатывающая, Л – легкая, ЛД – лесная и

деревообрабатывающая, МАШ – машиностроение, Н – нефтеперерабатывающая, НХ – нефтехимическая, ОБ – оборонная, ПП – пищевая, ПР – приборостроение, РБ – рыбная, СМ – строительные материалы, ЦМ – цветная металлургия, ЧМ – черная металлургия, У – угольная
 –пункт водоснабжения



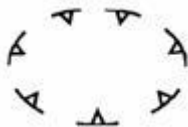
Примечание – С – скважина; К – колодец; Р – родник;
 140–суточный дебит воды, м³
 Обозначения границ разрушений



–слабые



–сильные



–средние

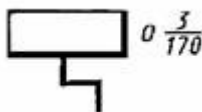


–полные



–район, намеченный для размещения населения в загородной зоне

Примечание – В числителе – номер района, в знаменателе – численность эвакуированного населения, тыс. чел.



–убежище

Примечание – О – отдельно стоящее; В числителе – степень защиты, в знаменателе – вместимость, чел.
 –противорадиационное укрытие.



Примечание – В числителе – коэффициент ослабления радиации, а знаменателе – вместимость, чел.

Приложение Ж

Таблица Ж.1 –Значения избыточного давления, вызывающие разрушения.

Объект	Разрушение			
		сильное	среднее	слабое
1	2	3	4	5
Здания жилые:				
кирпичные многоэтажные	30...40	20...30	10...20	8...10
кирпичные малоэтажные	35... 45	25... 35	15... 25	8...15
деревянные	20...30	12...20	8...12	2...8
Здания промышленные:				
с тяжелым метал. или ж/б каркасом	60... 100	40...60	20...40	10... 20
с легким метал каркасом или бескаркасные	80... 120	50... 80	20... 50	10... 20
Промышленные объекты:				
ТЭС	25...40	20...25	15...220	10... 15
котельные	35... 45	25... 35	15... 25	10... 15
трубопроводы наземные	130	50	20	-
трубопроводы на эстакаде	40... 50	30...40	20...30	-
трансформаторные подстанции	100	40...60	20...40	10... 20
водонапорные башни	70	60...70	40...60	20...40
Резервуары, трубопроводы:				
стальные наземные	90	80	55	35
газгольдеры и емкости ГСМ и хим. веществ	40	35	25	20
частично заглубленные для нефтепродуктов	100	75	40	20
подземные	200	150	75	40
автозаправочные станции	-	40...60	30...40	20...30
перекачивающие и компрессорные станции	45... 50	35... 45	25... 35	15... 25
резервуарные парки (заполненные)	90... 100	70...90	50...80	20...40
Транспорт:				
металлические и ж/б мосты	250...300	200...250	150...200	100... 150
ж/д пути	400	250	175	125
тепловозы с массой до 50 т	90	70	50	40
цистерны	80	70	50	30

Окончание таблицы Ж.1

1	2	3	4	5
вагоны цельнометаллические	150	90	60	30
вагоны товарные деревянные	40	35	30	15
автомашины грузовые	70	50	35	10

Примечание:

Слабые разрушения – повреждение или разрушение крыш, оконных и дверных проемов. Ущерб –10 – 15% от стоимости здания.

Средние разрушения – разрушения крыш, окон, перегородок, чердачных перекрытий, верхних этажей. Ущерб-30 – 40%.

Сильные разрушения – разрушение несущих конструкций и перекрытий. Ущерб – 50%. Ремонт нецелесообразен.

Полное разрушение – обрушение зданий.

Календарный план организации подготовки и выполнения мероприятий по повышению устойчивости работы объекта экономики в ЧС

[illegible]

