

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению раздела «Безопасность жизнедеятельности»
в выпускной квалификационной работе для студентов специальности
140211 – Электроснабжение

Белгород 2008

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Утверждено
научно-методическим советом
университета

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению раздела «Безопасность жизнедеятельности»
в выпускной квалификационной работе для студентов специальности
140211 – Электроснабжение

Белгород 2008

УДК 658.38(07)

ББК 30ня7

М 54

Составители: Т.Г. Болотских, ст. преп.;
С.Ш. Залаева, канд. экон. наук, доц.;
О.А. Рыбка, ст. преп.

Рецензент Е.В. Климова, канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Методические указания к выполнению раздела
М 54 «Безопасность жизнедеятельности» в выпускной
квалификационной работе для студентов специальности
140211 / сост.: Т.Г. Болотских, С.Ш. Залаева, О.А. Рыбка. –
Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 45 с.

Данные методические указания содержат требования к выполнению раздела «Безопасность жизнедеятельности» в выпускных квалификационных работах для студентов специальности 140211 – Электроснабжение. Изложены рекомендации к проведению преддипломной практики; вопросы, которые студенты должны осветить; требования к оформлению раздела и к его содержанию. В заключение представлен список рекомендуемой литературы.

Методические указания публикуются в авторской редакции.

УДК 658.38(07)

ББК 30ня7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2008

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение выпускной квалификационной работы является завершающим этапом подготовки инженера. При разработке раздела «Безопасность жизнедеятельности» в выпускной квалификационной работе преследуется цель формирования у будущих инженерных работников таких навыков и знаний по охране труда и промышленной безопасности, экологии, правилам поведения в чрезвычайных ситуациях, которые при выполнении ими служебных обязанностей помогли бы в контроле за технологическими процессами и в организации управления производством.

Работа над разделом требует глубокого изучения производства, навыков в работе с технической документацией и нормативной литературой. Для обоснования принятых решений их необходимо подтвердить расчетами.

Методические указания содержат примерные расчеты, которые возможно использовать при разработке раздела «Безопасность жизнедеятельности», исходя из конкретных условий производственного процесса, разрабатываемого в выпускной квалификационной работе.

Раздел составлен в соответствии с Госстандартом (от 27.03.2000 г.) для студентов специальности 140211, а также с учетом методических указаний к выпускной квалификационной работе, составленных кафедрой «Электроэнергетика».

Решение поставленных задач обуславливает необходимость достаточной подготовки в этой области инженерно-технических работников. Цели дипломного проектирования следующие:

1. Систематизация, закрепление и расширение теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных научных, технических, экономических и производственных задач.

2. Развитие навыков ведения самостоятельной работы и овладение методикой теоретических и экспериментальных исследований при решении разрабатываемых в квалификационной работе проблем.

3. Освоение методов обоснования научно-технических решений с учетом экономических и технических требований при разработке реальных инженерных объектов.

Настоящие методические указания предназначены для оказания помощи студентам-дипломникам при определении содержания и основных направлений выполнения раздела «Безопасность жизнедеятельности» в квалификационной работе.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Раздел «Безопасность жизнедеятельности» включает в себя два подраздела:

1. Безопасность технологических процессов и производств.
2. Безопасность в ЧС.

При разработке выпускной квалификационной работы студент должен применить практический опыт, полученный во время прохождения производственных и преддипломной практик и позволяющий осуществить связь теоретического и практического обучения.

Студенты-дипломники самостоятельно знакомятся с широким перечнем специальной литературы, государственными стандартами системы стандартов безопасности труда (ССБТ), санитарными, строительными и другими нормами и правилами, закрепляют знания требований техники безопасности по специальности, вырабатывают навыки принятия технических решений и разработки мероприятий, направленных на обеспечение безвредных и безопасных условий труда.

Вопросы безопасности жизнедеятельности должны разрабатываться в виде конкретных решений, по которым можно судить об инженерной подготовке молодого специалиста.

Содержание раздела «Безопасность жизнедеятельности» в квалификационной работе должно отвечать следующим требованиям:

- соответствовать современному состоянию науки и техники;
- быть направленным на решение задач по обеспечению безопасных условий труда;
- отражать перспективы развития охраны труда;
- обосновывать выбор принятого решения на основе применения необходимых математических методов и средств вычислительной техники;
- показать знание специальной технической литературы по вопросам безопасности жизнедеятельности.

Задание по разделу «Безопасность жизнедеятельности», выдаваемое студентам-дипломникам на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» преподавателем-консультантом, должно соответствовать теме выпускной квалификационной работы и быть его составной частью.

Материалы к квалификационной работе студент-дипломник собирает в период прохождения преддипломной практики.

Консультации для дипломников проводятся преподавателями кафедры «Безопасность жизнедеятельности» в кабинете охраны труда в соответствии с расписанием. Для лучшей организации консультаций каждой группе дипломников устанавливаются определенные дни.

Раздел «Безопасность жизнедеятельности» оформляется в виде пояснительной записки, расчетов и, если требуется, схем, эскизов и чертежей. Графические материалы выполняются на отдельном демонстрационном листе квалификационной работы (по согласованию с консультантом).

Текстовый объем расчетно-пояснительной части раздела не должен превышать 10–12 страниц машинописного текста.

Литература по безопасности жизнедеятельности приводится в общем списке литературы квалификационной работы, помещаемом в конце расчетно-пояснительной записки, которая предоставляется на подпись преподавателю-консультанту не позднее, чем за 5 дней до защиты. При составлении тезисов доклада для защиты квалификационной работы необходимо предусмотреть время для краткого изложения содержания раздела «Безопасность жизнедеятельности» с обращением к демонстрационному листу.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

2.1. Безопасность технологических процессов и производств

Данный подраздел состоит из введения, основной части и заключения (выводов).

Во введении необходимо определить место и значение безопасности жизнедеятельности в современных условиях, привести отдельные положения из законов и подзаконных актов РФ, направленных на улучшение условий труда и техники безопасности, указать основные направления в решении проблем безопасности труда в отрасли, на базовом предприятии при эксплуатации конкретного оборудования.

Забота о здоровье трудящихся, снижении утомляемости, заболеваемости, травматизма и повышении культуры производства является одной из важнейших задач на современном этапе развития общественного производства. В сфере обеспечения безопасности человека в производственных условиях в Российской Федерации действует законодательство, которое состоит из соответствующих статей Конституции РФ от 12.12.1993 г. (статьи 2, 7, 24, 31, 41, 42, 45, 60), Трудового кодекса РФ ФЗ–№ 197 от 30.12.01 (раздел X «Охрана

труда») в редакции федерального закона № 90–ФЗ от 30.06.2006 г., Федеральных законов № 116–ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.01.1997 г., № 68–ФЗ от 21.12.1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «Нормы радиационной безопасности» НРБ–99 и другие.

Основной нормативно-технической базы безопасности жизнедеятельности является система стандартов безопасности труда (ССБТ), требования которой студенты должны учитывать при разработке данного раздела, а также требования соответствующих строительных норм и правил (СНиП), санитарных правил и норм (СанПиН), санитарных норм (СН) и другой нормативно-технической документации в области охраны труда и производственной безопасности.

В основной части подраздела «Безопасность технологических процессов и производств» рассматриваются следующие вопросы:

1. Организация службы охраны труда предприятия.
2. Надзор и контроль за соблюдением законодательства об охране труда на предприятии.
3. Анализ вредных и опасных производственных факторов проектируемого или рассматриваемого производства. Мероприятия по защите работающих от опасных и вредных производственных факторов, электробезопасность.
4. Анализ производственного травматизма, профессиональных заболеваний при существующих технологических процессах и оборудовании на предприятии (при наличии необходимых данных).
5. Пожарная безопасность.
6. Экологическая безопасность.

Вопрос 1. На основании данных, полученных на предприятии, привести структуру и численность службы охраны труда, указать ее функции. Описать, как организовано обучение, инструктаж (виды инструктажей) и проверка знаний работниками норм, правил и инструкций по охране труда.

Вопрос 2. Охарактеризовать органы государственного надзора и контроля; права должностных лиц (государственных инспекторов) органов государственного надзора и контроля. Общественный контроль за охраной труда на предприятии, кем и как он осуществляется. Виды ответственности работодателей, должностных лиц и работников за нарушение законодательных и иных нормативных актов об охране труда в порядке, установленном законодательством Российской Федерации и республик в составе Российской Федерации.

Вопрос 3. Выявить существующие вредные и опасные производственные факторы на рассматриваемом рабочем месте, объекте и т.д. Необходимо предложить мероприятия по защите работающих от выявленных вредных и опасных производственных факторов, а также основные требования безопасности при выполнении работ.

Рассмотреть опасные и вредные производственные факторы производственной среды в ходе эксплуатации проектируемого или действующего предприятия (технологического оборудования). Определить класс опасности промышленного предприятия согласно СН 245–71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».

Проанализировать метеорологические условия производственной среды. Описать нормативные параметры микроклимата, определить категории тяжести работ (ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»). Выделить источники конвективного и лучистого тепла, описать их воздействие на микроклимат и организм человека.

Защита от конвективного и лучистого тепла. Создание нормальных метеорологических условий на рабочих местах и в производственных помещениях. Мероприятия по снижению тепловой радиации: теплоизоляция, теплоотражающие экраны, их конструкции и места размещения, воздушные души и кондиционирование воздуха; водораспыление; общеобменная и местная вентиляция; тепловые завесы; механизация и автоматизация производственных процессов; места отдыха; индивидуальная защита; питьевой режим.

Вредные вещества (ГН 2.2.5.686–98, ГОСТ 12.1.005–88). Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (производственная пыль, токсичные газы и пары), находящихся в воздухе производственных помещений, их химический и минералогический состав. Источники возникновения. Класс опасности вредных веществ, классификация и общие требования безопасности; воздух рабочей зоны. Воздействие вредных веществ на организм человека. Мероприятия по борьбе с пылью как профессиональной вредностью и вредными газами; способы уменьшения пылеобразования и газовыделения; пылеулавливания и пылеподавления, естественная и искусственная вентиляция, аспирация, кратность воздухообмена, расчет и выбор вентиляционных устройств, их производительность; индивидуальные средства защиты.

Шум и вибрация. Источники шума и вибрации. Действие шума и вибрации на организм человека. Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах (СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и территорий жилой застройки»); гигиенические допустимые уровни вибрации (СН 2.2.4/2.1.8.566–96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий», ГОСТ 12.1.012–90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»). *Защита от шума и вибрации.* Технологические, конструкторские и проектно-строительные мероприятия по снижению шума и вибрации (звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, вибродемпфирование и др.) и индивидуальные средства защиты (СН 2.2.4/2.1.8.583–96 «Инфразвук на рабочих местах в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки»).

Недостаточное освещение. Организация естественного и искусственного освещения в проектируемых рабочих помещениях и их конструктивное решение; тип и схема расположения светильников. Нормирование производственного освещения (СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»), определение E_n , КЕО и разряда зрительной работы на рабочем месте.

В ВКР следует указать характеристику вредных и опасных производственных факторов, наиболее трудоемких и тяжелых производственных процессов, требующих внедрения автоматизации, механизации и дистанционного управления.

Опасные зоны при обслуживании оборудования и транспортных средств. Потенциальные источники и причины получения производственных травм. Планировка участка, размещение производственного оборудования, устройство рабочих площадок для обслуживания машин и механизмов, необходимые проходы и проезды. Технические средства защиты: оградительные, блокировочные и сигнализирующие устройства, приборы безопасности и контроля, знаки безопасности, дистанционное управление работой оборудования, механизация и автоматизация производственных процессов, индивидуальные средства защиты.

Электрический ток. Действие на организм человека, виды поражения, причины. Определение категории производственных помещений по степени опасности поражения людей электрическим током по ПУЭ (ГОСТ 12.1.030–81 «Электробезопасность, защитное заземление, зануление»).

Безопасность труда. Используемые на предприятии опасные производственные объекты (сосуды, работающие под давлением выше 0,07 МПа и температуре выше 115 °С, подъемно-транспортные

механизмы и др.), дополнительные требования безопасности к их эксплуатации (техническое освидетельствование, испытания, надзор и контроль).

Вопрос 4. Для анализа производственного травматизма необходимо использовать статистическую отчетность предприятия по производственному травматизму по форме 9-Т (7-ТБР); на основании этих данных рассчитать основные показатели травматизма ($\Pi_{\text{ч}}$, $\Pi_{\text{т}}$, $\Pi_{\text{общ}}$) за последние 4–5 лет и дать их динамику в виде таблиц и графиков и указать причины несчастных случаев на предприятии, предложить мероприятия, направленные на их ликвидацию и предотвращение.

Показатели производственного травматизма $\Pi_{\text{ч}}$, $\Pi_{\text{т}}$, $\Pi_{\text{общ}}$ определяются по следующим формулам:

$$\Pi_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P; \Pi_{\text{т}} = D / T; \Pi_{\text{общ}} = \Pi_{\text{ч}} \cdot \Pi_{\text{т}} = D \cdot 1000 / P,$$

где T – общее количество несчастных случаев за год; D – суммарные потери рабочего времени по всем учтенным несчастным случаям за год; P – среднесписочная численность трудящихся, чел.

Выявленные профессиональные заболевания проанализировать по годам с указанием наименования этих заболеваний и причин их возникновения.

Дать оценку применяемых технологических процессов и оборудования с точки зрения охраны труда, и в частности техники безопасности. По результатам анализа сделать выводы.

Вопрос 5. Характеристика пожаробезопасности применяемых материалов и топлива, категория производства по пожарной опасности (СНиП 2.09.02–85 «Противопожарные нормы»). Степень огнестойкости промышленных зданий и сооружений, зависимость от категории пожарной опасности технологического процесса (СНиП 21-01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений», ГОСТ 3047.1–94 «Конструкции строительные». НПБ 105–2003. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции). Рассмотреть следующие противопожарные мероприятия:

- размещение зданий, сооружений и складов с учетом степени их огнестойкости и пожарной опасности, противопожарные разрывы, противопожарные водоемы, трубопроводы;
- расчетное число внутренних и внешних пожарных эвакуационных выходов;
- необходимый напор и расход воды в противопожарной сети на внутреннее и внешнее пожаротушение;
- обеспечение производственных, подсобных и складских помещений первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем;

- противопожарная сигнализация и связь.

Перечислить мероприятия по предупреждению взрывов газовоздушных и пылевоздушных систем: предотвращение образования взрывоопасных смесей, предупреждение их воспламенения, локализация взрывов, контроль содержания в воздухе взрывчатых газов и пыли. Безопасность при эксплуатации оборудования, работающего под давлением, и баллонов со сжатым газом (ПБ 10–115 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»), предохранительные устройства и запорная арматура.

Вопрос 6. Архитектурно-планировочные мероприятия для обеспечения экологической безопасности при проектировании, строительстве и реконструкции промышленных предприятий.

В заключение подводится итог и дается краткая оценка эффективности предлагаемых в проекте мероприятий по охране труда и экологической безопасности.

2.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Защита жизни и здоровья людей, в том числе и при чрезвычайных ситуациях, становится приоритетным направлением в социальной политике нашего государства. Об этом свидетельствуют принятые парламентом и утвержденные президентом № 68–ФЗ от 21.12.1994 г. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»; № 3–ФЗ от 9.01.94 г. «О радиационной безопасности населения»; № 116–ФЗ от 21.01.1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; № 123–ФЗ от 09.10.2002 г. «О гражданской обороне» и др. Этими законами следует руководствоваться при выполнении данного раздела выпускной квалификационной работы.

Задание по подразделу «Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях» должно быть увязано с тематикой и содержанием выпускной квалификационной работы и учитывать экономическое значение проектируемого или реконструируемого объекта, опасность объекта (отношение его к категории опасных производственных объектов следует определять с учетом приложения 1 Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»). Кроме того, необходимо учесть наличие близлежащих опасных объектов, экономическую и природную характеристики территории, на которой размещается объект.

Все предусматриваемые мероприятия обосновываются соответствующими нормативами, требованиями, положениями,

изложенными в нормах проектирования инженерно-технических мероприятий гражданской обороны (СНиП 2.01.51–90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны»).

Подраздел «Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях» должен содержать:

- цели и задачи разрабатываемой темы;
- описание проектируемых мероприятий;
- необходимые расчеты, связанные с оценкой обстановки при возможных чрезвычайных ситуациях; оценкой защищенности рабочих и служащих объекта; повышением устойчивости инженерно-технического комплекса и т.д.;
- анализ эффективности проектируемых мероприятий;
- графические материалы, которые могут быть представлены на отдельных чертежах или показаны на генеральном плане и других листах графической части.

Важным этапом подготовки к дипломному проектированию является преддипломная практика, во время прохождения которой студентам следует познакомиться:

- а) с организационной структурой гражданской обороны объекта;
- б) организацией защиты рабочих, служащих и членов их семей от чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени, которая включает:
 - обеспечение средствами индивидуальной и медицинской защиты;
 - обеспечение защитными сооружениями (их расположение, вместимость и коэффициент ослабления);
 - проведение эвакуационных мероприятий (эвакуация, рассредоточение, отселение);
 - обучение рабочих и служащих основам гражданской обороны;
- в) с мероприятиями по повышению устойчивости функционирования предприятия в чрезвычайных ситуациях.

Кроме того, для выполнения задания по данному подразделу в соответствии с предложенными вопросами студенты должны учитывать:

- численность рабочих и служащих объекта и по структурным подразделениям, численность наибольшей работающей смены и личного состава невоенизированных формирований;
- место размещения объекта с учетом зонирования территорий (в зонах возможных разрушений, в том числе сильных, загородной зоне; в зонах опасного и сильного радиоактивного заражения, опасного химического заражения, катастрофического затопления), расстояния от центра города, планировку завода, плотность застройки,

характеристику основных зданий, сооружений, коммунально-энергетических сетей;

- чрезвычайные ситуации техногенного характера, возможные на объекте, на близлежащих объектах;
- расстояние от предприятия до опасных объектов (РОО, ХОО, ПВОО);
- наличие аварийных химически опасных веществ (АХОВ) на объекте (на соседних ХОО), их количество в каждой емкости (трубопроводе, установке), агрегатное состояние, условия хранения (емкость обвалована, установлена на поддоне, без поддона); массу сжиженного газа (топливовоздушной смеси) на объекте (на соседнем пожаро- и взрывоопасном объекте), характеристики источника горения (ширину, длину, радиус резервуара с пожароопасными продуктами); место расположения радиационно-опасного объекта, тип реактора и его электрическую мощность.

2.3. Перечень примерных тем и расчетов

По первому разделу:

1. Расчет зоны защиты молниеотводов ГРП.
2. Расчет искусственного освещения.
3. Расчет шума и вибрации в производственном помещении.
4. Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций.
5. Расчет звукопоглощающей облицовки.
6. Расчет заземляющего устройства.
7. Расчет системы защитного зануления.
8. Расчет зоны защиты стержневого молниеотвода.
9. Расчет зоны защиты тросового молниеотвода.

По второму разделу:

1. Оценка химической обстановки на объекте методом прогнозирования (при аварии на близлежащем химически опасном объекте). Разработка мероприятий по защите рабочих, служащих, населения, проживающего в опасной зоне; по локализации и ликвидации последствий. Расчет параметров зон возможного заражения АХОВ и нанесение их на схему.

2. Оценка фактической радиационной обстановки (расчетным путем). Расчет режимов радиационной защиты рабочих, служащих, членов их семей; производственной деятельности объекта.

3. Расчет зоны чрезвычайной ситуации при взрыве топливно-воздушной смеси.

В заключение студенты могут указать, каким образом выполнение мероприятий, предусмотренных ими в выпускной квалификационной

работе, скажется на решении таких задач, как обеспечение безопасности в ЧС работников рассматриваемого объекта экономики и населения прилегающих районов и на повышении устойчивости функционирования объекта в условиях чрезвычайных ситуаций.

3. ПРИМЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ

В данном разделе приведены несколько методик примерных расчетов, которые дипломник может использовать при написании раздела.

3.1. Расчет искусственного освещения

Расчеты методом коэффициента использования светового потока выполняются при проектировании осветительных установок служебных и рабочих помещений с относительно небольшой высотой (до 6–8 м) и единичной площадью (до 500 м²).

При расчете этим методом учитывается прямой свет от светильника (осветительного прибора) и свет, отраженный от стен, потолка и пола, характеризуемый соответственно коэффициентами отражения. Фактическое значение этих коэффициентов определить трудно, поэтому рекомендуется применять ориентировочные значения (прил. 4).

Расчетная высота подвеса светильника h , м, определяется по схеме, приведенной на рис. 3.1. Она будет равна

$$h = H - h_c - h_p, \quad (3.1)$$

где H – высота помещения, м; h_c – высота от потолка до нижней части светильника, м; h_p – высота от пола до освещаемой поверхности, м.

Для помещений с $a/b \geq 10$ можно определить индекс помещения $i = b/h$.

При расчетах по методу коэффициента использования необходимый поток каждого светильника Φ (лм), определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3.2)$$

где E_n – нормативная минимальная освещенность, лк; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения ламп, а также снижение

отражающих свойств поверхностей помещения (прил. 1); S – освещаемая площадь, м^2 ; Z – отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$, рекомендованные значения $Z=1,15$ для ламп накаливания и $Z=1,1$ для люминесцентных ламп при расположении светильников в линии; N – число светильников (намеченное до расчета); η – коэффициент использования светового потока, равен отношению светового потока, падающего на расчетную поверхность, к полному потоку осветительного прибора. Для определения табличного значения η (прил. 2) находится индекс данного помещения и предположительно оцениваются коэффициенты отражения $\rho_{\text{п}}$ – потолка, $\rho_{\text{с}}$ – стен и $\rho_{\text{р}}$ – пола. (прил. 3). Индекс помещения

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a+b)}, \quad (3.3)$$

где a – длина помещения, м; b – ширина помещения, м; h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

По найденному Φ выбирается ближайшая стандартная лампа (прил. 4) в пределах допусков – $10 \div 20$ %. Если такое приближение не реализуется, то корректируется число светильников. При заданном световом потоке лампы формула решается относительно N . При расчетах люминесцентного освещения, если намечено число рядов n , которое подставляется в формулу вместо N , под Φ следует понимать поток ламп одного ряда.

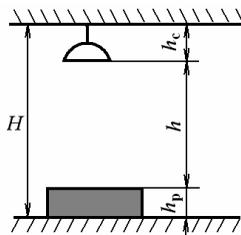


Рис. 3.1. Схема подвеса светильника

Задание. Рассчитать общее равномерное освещение производственного помещения методом коэффициента использования светового потока.

Исходные данные:

1. Тип системы освещения – общая;
2. Характеристики цеха: длина – 96 м, ширина – 48 м, высота расположения светильников – 9,6 м;
3. Разряд зрительной работы – III а, $E_{\text{н}} = 400$ лк (СНиП 23–05–95);

4. Тип ламп – ДРЛ;
5. Коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности и минимальной E_{cp}/E_{min} , для ламп ДРЛ $z = 1,1$.

Решение. Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока.

Индекс помещения:

$$i = \frac{96 \cdot 48}{8,8 \cdot (96 + 48)} = 3,6.$$

По прил. 3 для коэффициентов отражения потолка $\rho_n = 30 \%$, стены $\rho_c = 10 \%$, пола $\rho_p = 10 \%$ и индекса помещения $i = 3,6$ коэффициент использования светового потока $\eta_{\text{и}} = 0,84$.

Определяется световой поток, создаваемый одной лампой для освещения в механическом цехе при использовании светильника типа УПД ДРЛ (по три лампы в одном светильнике):

$$\Phi = \frac{400 \cdot 4608 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{30 \cdot 3 \cdot 0,84} = 40230 \text{ лм.}$$

Теперь по найденному значению светового потока подбираем по светотехническим характеристикам тип лампы, у которой значение светового потока близко к требуемому. Такой лампой является лампа дуговая ртутная люминесцентная ДРЛ–700, значение светового потока для которой 38 000 лм.

Отклонение потока выбранной лампы ДРЛ–700 ($\Phi_{\text{п}} = 38\ 000$ лм) от расчетного

$$\Delta = \frac{38000 - 40230}{38000} \cdot 100\% = 5,9 \%,$$

что лежит в допустимом пределе – 10%...+ 20%.

3.2. Расчет защитного заземления оборудования

Одним из распространенных средств защиты от поражения электрическим током является защитное заземление. *Защитным заземлением* называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей установок, которые могут оказаться под напряжением. Схема заземления приведена на рис. 3.2. Заземляющее устройство состоит из группы заземлителей (электродов), расположенных непосредственно в земле на некоторой глубине, и соединяющей их соединительной

полосы, а также проводов, соединяющих заземляемое оборудование с заземляющим устройством. Заземляющий провод подключают к корпусам электрических машин, трансформаторов, металлическим кожухам выключателей, каркасам щитов, металлическим оболочкам кабелей и прочим нетоковедущим частям.

В качестве искусственных заземлителей применяют стальные стержни, уголки, трубы, забиваемые в землю вертикально.

Расчет заземления сводится к определению числа заземлителей, при котором общее их сопротивление растеканию тока будет равно сопротивлению, допустимому Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Сопротивление растеканию тока для одного вертикального стержневого заземлителя определяется следующим образом:

$$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (3.4)$$

где t – расстояние от середины стержня до поверхности грунта, м; ρ – сопротивление грунта, Ом·м (прил. 5); l и d – длина и диаметр стержневого заземлителя, м

$$t = \frac{l}{2} + t_0, \quad (3.5)$$

здесь t_0 – глубина заложения заземлителя, м.

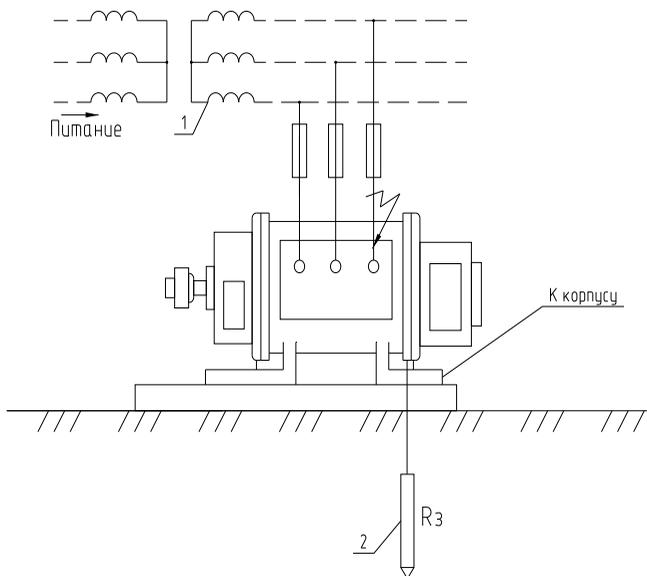


Рис. 3.2. Принципиальная схема защитного заземления

Определяется предварительное число заземлителей по формуле

$$n_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot (A + B)}{a}, \quad (3.6)$$

где A и B – размеры контура заземления, м, a – расстояние между стержнями, м.

Уточняется число заземлителей по формуле

$$n = \frac{R_c}{R_3 \eta_c}, \quad (3.7)$$

где R_3 – допустимое по нормам сопротивление заземляющего устройства; η_c – коэффициент использования заземлителей, характеризующий степень взаимного экранирования и зависящий от формы заземлителей и числа их взаимного расположения, он определяется по прил. 6.

Сопротивление растеканию тока R_n , Ом стальной полосы вычисляется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_n} \ln \frac{L_n^2}{d \cdot t}, \quad (3.8)$$

где L_n – длина соединительной полосы м; $d_3 = 0,5b$, b – ширина соединительной полосы, м.

Проверяется результирующее сопротивление всего заземления по формуле:

$$R_{\text{рез}} = \frac{R_c R_n}{R_c \eta_n + R_n \eta_c n}, \quad (3.9)$$

где η_n – коэффициент использования полосы, определяется по прил. 7.

Результирующее сопротивление для установок напряжением до 1000 В должно удовлетворять условию $R_{\text{рез}} \leq 4$ Ом.

Задание. Рассчитать систему заземления, выполненную вертикальными стержнями (рис. 3.3).

Исходные данные:

1. Тип заземления – выносной.
2. Напряжение установки – 380 В.
3. В качестве электродов используем стальную трубку $\varnothing 50$ мм и длиной 3 м (прил. 8), заглубленных на расстоянии 0,7 м от поверхности земли.
4. Расстояние между стержнями $a = 2 l$.
5. Размеры соединительной полосы $a_1 \times b = 40 \times 4$ мм.
6. Климатическая зона – 1. Коэффициент сезонности $\psi = 1$ (прил. 9).

7. Тип грунта – суглинок.

Решение. Расчетное удельное сопротивление грунта

$$\rho_{\text{расч}} = \rho \cdot \psi = 100 \cdot 1,7 = 170 \text{ Ом}\cdot\text{м},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление, грунт – суглинок $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; ψ – коэффициент сезонности, учитывающий возможность повышения сопротивления грунта в течение года, для 1 климатической зоны принимаем $\psi = 1,7$.

$$t = \frac{3}{2} + 0,7 = 2,2 \text{ м}.$$

Сопротивление одиночного вертикального заземлителя рассчитывается по формуле (3.4):

$$R_c = \frac{170}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 46,5 \text{ Ом}.$$

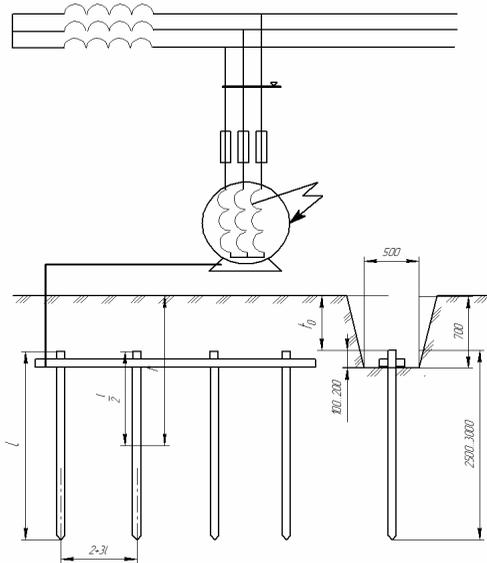


Рис. 3.3. Схема защитного заземления к примеру расчета

Определяем сопротивление стальной полосы, соединяющей стержневые заземлители по формуле (3.8). Определяем расчетное удельное сопротивление грунта $\rho_{\text{расч}}$ при использовании соединительной полосы в виде горизонтального электрода длиной 300

м. При длине полосы в 300 м $\psi = 5,9$. Тогда $\rho'_{\text{расч}} = \rho \cdot \psi' = 100 \cdot 5,9 = 590$ Ом·м,

$$R_{\text{н}} = \frac{590}{2 \cdot 3,14 \cdot 300} \ln \frac{300^2}{0,04 \cdot 0,7} = 4,7 \text{ Ом.}$$

Определяем ориентировочное число n одиночных стержневых заземлителей по формуле (3.6):

$$n = \frac{46,5}{4 \cdot 1} \approx 12 \text{ шт.}$$

где $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей (для ориентировочного расчета $\eta_{\text{в}}$ принимается равным 1).

Принимаем расположение вертикальных заземлителей по контуру с расстоянием между смежными заземлителями равным $2l$. Исходя из принятой схемы размещения вертикальных заземлителей $\eta_{\text{в}} = 0,68$, $\eta_{\text{г}} = 0,4$.

Определяем необходимое число вертикальных заземлителей по формуле (3.7):

$$n = \frac{46,5}{4 \cdot 0,68} \approx 18 \text{ шт.}$$

Вычисляем общее расчетное сопротивление заземляющего устройства R с учетом соединительной полосы по формуле (3.9):

$$R_{\text{рез}} = \frac{46,5 \cdot 4,7}{46,5 \cdot 0,4 + 4,7 \cdot 0,68 \cdot 18} \approx 2,89 \text{ Ом.}$$

Правильно выполненное заземляющее устройство должно отвечать условию $R_{\text{рез}} < R_3$. Согласно расчету $2,89 < 4$.

3.3. Защитное зануление

Защитное зануление осуществляется присоединением корпуса и других конструктивных нетоковедущих частей к неоднократно заземленному нулевому проводу.

Физическая сущность зануления состоит в том, что благодаря преднамеренно выполненной с помощью нулевого защитного проводника металлической связи корпусов оборудования с глухозаземленной нейтралью источника питания, любое замыкание на корпус превращается в однофазное короткое замыкание с последующим автоматическим отключением аварийного участка от сети аппаратами защиты (предохранителями, автоматическими выключателями и др.).

Время отключения поврежденной установки от питающей сети составляет 5...7 с при защите установки плавкими предохранителями и 1...2 с – при защите автоматическими выключателями.

Защитное зануление применяют в трехфазных четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью.

Основной задачей расчета зануления в проекте производства работ является расчетная проверка отключающей способности системы зануления. При замыкании на корпус зануление выполнит свою главную защитную функцию – надежное отключение, если сила тока однофазного короткого замыкания $I_{кз}$ удовлетворяет условию:

$$I_{кз} \geq K \cdot I_{ном}, \quad (3.10)$$

где $I_{ном}$ – номинальное значение силы тока срабатывания аппарата защиты, А; K – коэффициент кратности тока однофазного замыкания по отношению к номинальной силе тока срабатывания аппарата защиты. Таким образом, расчет зануления заключается в проверке соблюдения условия (3.10).

Для определения $I_{кз}$ пользуются формулой:

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{Z_{п} + \frac{Z_{т}}{3}}, \quad (3.11)$$

где $Z_{п}$ – полное сопротивление цепи фаза-нуль при предполагаемом замыкании на корпус, Ом; $Z_{т}$ – полное сопротивление трансформатора (источника питания сети), Ом; U_{ϕ} – фазное напряжение сети, В.

Полное сопротивление цепи фаза-нуль $Z_{п}$ определяется по формуле:

$$Z_{п} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{н})^2 + (X_{\phi} + X_{н} + X_{и})^2}, \quad (3.12)$$

где R_{ϕ} и X_{ϕ} – соответственно активное и внутреннее индуктивное сопротивление фазного провода, Ом; $R_{н}$ и $X_{н}$ – то же, но нулевого защитного проводника, Ом; $X_{и}$ – внешнее индуктивное сопротивление цепи фаза-нуль, Ом.

Задание. Проверить, обеспечена ли отключающая способность зануления в сети, показанной на рис. 3.4, при нулевом защитном проводнике – стальной полосе сечением 40×4мм. Линия 380/220 В с медными проводами 3×25 мм² питается от трансформатора 400 кВА, со схемой соединения обмоток «треугольник – звезда с нулевым проводом» ($\Delta/Y_{н}$). Двигатели защищены предохранителями $I_{1ном} = 125$ А (двигатель 1) и $I_{2ном} = 80$ А (двигатель 2). Коэффициент кратности тока $K = 3$.

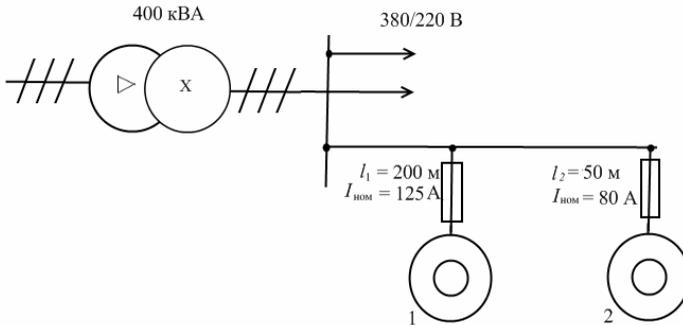


Рис. 3.4. Схема сети к примеру расчета

Решение.

1. Определить наименьшее допустимое значение $I_{кз}$. Определяем наименьшие допустимые значения токов для двигателей 1 и 2, А:

$$I_{кз1д} = K \cdot I_{1ном} = 3 \cdot 125 = 375 \text{ А},$$

$$I_{кз2д} = K \cdot I_{2ном} = 3 \cdot 80 = 240 \text{ А}.$$

2. По прил. 10 в зависимости от мощности трансформатора и схемы соединения его обмоток находим полное сопротивление трансформатора $Z_T = 0,056 \text{ Ом}$.

3. Определяем на участке l_1 активное $R_{1ф}$ и внутреннее индуктивное $X_{1ф}$ сопротивления фазного проводника, Ом; активное $R_{1н}$ и внутреннее индуктивное $X_{1н}$ сопротивления нулевого защитного проводника и внешнее индуктивное сопротивление $X_{1н}$ цепи фаза-нуль, Ом. Для проводников из цветных металлов сопротивления R , Ом, находим по формуле:

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (3.13)$$

где ρ – удельное сопротивление проводника, равное для меди – $0,018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$; l – длина проводника, м; S – поперечное сечение, мм^2 .

Активное сопротивление фазного проводника из меди при $l = 200 \text{ м}$, $S = 25 \text{ мм}^2$ составит:

$$R_{1ф} = \rho \frac{l_{1ф}}{S_{1ф}} = 0,018 \frac{200}{25} = 0,144 \text{ Ом}$$

Внутренним индуктивным сопротивлением $X_{1ф}$ для медных проводов можно пренебречь ввиду его малого значения (примерно $0,0156 \text{ Ом/км}$).

Находим плотность тока в нулевом защитном проводе – стальной полосе с заданным сечением $S_2 = 40 \times 4 = 160 \text{ мм}^2$, А/мм^2 .

$$\delta = \frac{J_{\text{кз1д}}}{S_2} = \frac{375}{160} \approx 2 \text{ А/мм}^2. \quad (3.14)$$

По прил. 11 для $\delta_1 = 2 \text{ А/мм}^2$ и $S_2 = 40 \times 4 \text{ мм}^2$ находим активное сопротивление стального проводника $r_1 = 1,54 \text{ Ом/км}$ и внутреннее индуктивное сопротивление стального проводника $X_{1\omega} = 0,92 \text{ Ом/км}$.

Находим активное сопротивление нулевого проводника для $l = 200 \text{ м} = 0,2 \text{ км}$

$$R_{1н} = r_1 \cdot l_1 = 1,54 \cdot 0,2 = 0,308 \text{ Ом}$$

и его внутреннее индуктивное сопротивление

$$X_{1н} = X_{1\omega} \cdot l_1 = 0,92 \cdot 0,2 = 0,184 \text{ Ом}$$

Определяем внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль $X_{1н}$ при $l_1 = 0,2 \text{ км}$, Ом

$$X_{1н} = X_{1н} \cdot l_1 = 0,6 \cdot 0,2 = 0,12 \text{ Ом}$$

где $X_{1н} = 0,6 \text{ Ом/км}$ – принимается для практических расчетов.

4. Определяем активное $R_{12ф}$ и внутреннее индуктивное $X_{12ф}$ сопротивление фазного проводника на всей длине линии ($l_{12} = l_1 + l_2 = 250 \text{ м} = 0,25 \text{ км}$); активное $R_{12н}$ и внутреннее индуктивное $X_{12н}$ сопротивление нулевого защитного проводника и внешнее индуктивное сопротивление $X_{12н}$ петли фаза-нуль, Ом:

$$R_{12ф} = \rho \frac{l_{12}}{S_1} = 0,018 \frac{250}{25} = 0,18 \text{ Ом}$$

Аналогично предыдущему принимаем:

$$X_{12ф} = 0$$

Ожидаемая плотность тока в нулевом защитном проводнике, А/мм^2 :

$$\delta_{12} = \frac{J_{2д}}{S_2} = \frac{240}{160} = 1,5 \text{ А/мм}^2.$$

По прил. 11 для $\delta_{12} = 1,5 \text{ А/мм}^2$ и $S_2 = 40 \times 4 \text{ мм}^2$ находим:

$$r_{12} = 1,81 \text{ Ом/км} \text{ и } X_{12\omega} = 1,09 \text{ Ом/км}.$$

Далее находим $R_{12н}$ и $X_{12н}$ для $l_{12} = 250 \text{ м} = 0,25 \text{ км}$:

$$R_{12н} = r_{12} \cdot l_{12} = 1,81 \cdot 0,25 = 0,452 \text{ Ом},$$

$$X_{12н} = X_{12\omega} \cdot l_{12} = 1,09 \cdot 0,25 = 0,272 \text{ Ом}.$$

Определяем $X_{12н}$ для $l_{12} = 0,25 \text{ км}$

$$X_{12н} = X_{1н} \cdot l_{12} = 0,6 \cdot 0,25 = 0,15 \text{ Ом}.$$

5. Определяем действительные значения токов однофазного короткого замыкания, проходящих по петле фаза-нуль:

$$J_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{(R_{\phi} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\phi} + X_{\text{н}} + X_{\text{и}})^2 + Z_{\gamma}^2/3}} \quad (3.15)$$

для следующих случаев:

- 1) при замыкании фазы на корпус двигателя 1

$$I_{1\text{кз}} = \frac{220}{\sqrt{(0,144 + 0,308)^2 + (0,184 + 0,12)^2 + 0,056^2/3}} = 390 \text{ А}$$

- 2) при замыкании фазы на корпус двигателя 2

$$I_{2\text{кз}} = \frac{220}{\sqrt{(0,18 + 0,452)^2 + (0,272 + 0,15)^2 + 0,056^2/3}} = 282 \text{ А}$$

6. *Вывод:* по найденным действительным значениям токов однофазного короткого замыкания определить правильно ли выбран нулевой защитный проводник, т.е. обеспечена ли отключающая способность системы зануления

$$I_{1\text{кз}} = 390 \text{ А}$$

$$I_{2\text{кз}} = 282 \text{ А}$$

$$I_{1\text{кз} \text{ 1д}} = 375 \text{ А}$$

$$I_{2\text{кз} \text{ 2д}} = 240 \text{ А.}$$

Действительные значения токов однофазного короткого замыкания превышают наименьшие допустимые значения, таким образом, защита обеспечена.

3.4 Расчет молниезащиты зданий и сооружений

3.4.1. Параметры грозовой деятельности и воздействие молнии на объекты

Интенсивность грозовой деятельности характеризуется средним числом грозовых часов в году $n_{\text{ч}}$ или числом грозовых дней в году $n_{\text{д}}$. При $n_{\text{д}} = 30$ дн. продолжительность грозы считают равной 1,5 ч, при $n_{\text{д}} > 30$ дн. – 2 ч.

Применяют и более обобщенный показатель – среднее число ударов молнии в год (n) на 1 км² поверхности земли, зависящий от интенсивности грозовой деятельности (прил. 12).

Используя значение $n_{\text{ч}}$, определяют вероятное число ударов молнии в год N в здание или сооружение, не имеющее молниезащиты:

$$N = (S + 6h_x)(L + 6h_x) \cdot 10^6 n, \quad (3.16)$$

где S – ширина защищаемого здания или сооружения, м; L – его длина, м; h_x – наибольшая высота здания или сооружения, м.

Если здание имеет сложную конфигурацию, то при расчете за S и L принимают ширину и длину прямоугольника, в который вписывается план здания.

Считают, что молнии попадают в здание или сооружение в пределах территории, контур которой удален от контура сооружений на три его высоты.

Для дымовых труб котельных, водонапорных и силосных башен, мачт, деревьев ожидаемое число ударов молнии в год определяют по формуле:

$$N = 9\pi h^2 n \cdot 10^{-6}, \quad (3.17)$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

$$N = \left[(S + 6h)(L + 6h) - 7,7h^2 \right] n \cdot 10^{-6}, \quad (3.18)$$

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м; S , L – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; n – среднегодовое число ударов молнии в 1 км^2 земной поверхности (удельная плотность, ударов молнии в землю) в месте нахождения здания или сооружения.

В незащищенную от молнии линию электропередачи протяженностью L км со средней высотой подвеса провода h_{cp} число ударов молнии в год составит при допущении, что опасная зона распространяется от оси линии в обе стороны на $3 h_{\text{cp}}$.

$$N = 0,42 \cdot 10^{-3} L h_{\text{cp}} n_{\text{ч}}, \quad (3.19)$$

Различают два рода воздействия молнии: первичное, связанное с прямым ударом, и вторичное, вызванное электромагнитной и электростатической индукцией и заносом высоких потенциалов через металлические коммуникации в сооружения при разряде облака. В результате этих явлений могут возникать пожары, взрывы, разрушения конструкций, поражения людей, перенапряжение на проводах электрической сети.

3.4.2. Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты

В зависимости от вероятности вызванного молнией пожара или взрыва, исходя из масштаба возможных разрушений и ущерба, установлены *три категории зданий и сооружений*.

К *I категории* относят здания и сооружения (или их части), в которых имеются взрывоопасные зоны классов В-I и В-II согласно

Правилам устройства электроустановок (ПУЭ–76). В них хранятся или содержатся постоянно, либо появляются во время производственного процесса смеси газов, паров или пыли горючих веществ с воздухом или иными окислителями, способные взорваться от электрической искры.

Ко *II категории* относят здания и сооружения (или их части), в которых имеются взрывоопасные зоны классов В–Iа, В–Iб и В–IIа согласно ПУЭ–76. В таких сооружениях опасные смеси появляются лишь при аварии или неисправностях в технологическом процессе. К этой же категории принадлежат наружные технологические установки и открытые склады, содержащие взрывоопасные газы и пары, горючие и легковоспламеняющиеся жидкости (газгольдеры, цистерны и резервуары, сливо-наливные эстакады и т.п.), относимые по ПУЭ–76 к взрывоопасным зонам класса В–Iг.

В *III категорию* входят:

1) здания и сооружения со взрывоопасными зонами классов П–I, П–II и П–IIа согласно ПУЭ–76;

2) открытые склады твердых горючих веществ и наружные технологические установки, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С, относимые по ПУЭ к классу П–III;

3) здания и сооружения III, IV и V степени огнестойкости, в которых отсутствуют производства с зонами, относимыми по ПУЭ к классам пожаро- и взрывоопасным;

4) жилые и общественные здания, возвышающиеся на 25 м и более над средней высотой окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий на 400 м и более;

5) общественные здания III, IV и V степени огнестойкости следующего назначения: детские сады и ясли, школы и школы-интернаты спальные корпуса и столовые санаториев, домов отдыха и пионерских лагерей, лечебные корпуса больниц, клубы, кинотеатры;

6) здания и сооружения, являющиеся памятниками истории и культуры;

7) дымовые трубы предприятий и котельных, водонапорные и силосные башни, вышки различного назначения высотой более 15 м.

При выборе устройств молниезащиты по этим категориям учитывают важность объекта, его высоту, расположение среди других объектов, интенсивность грозовой деятельности и другие факторы.

Здания и сооружения I категории должны быть обязательно защищены от прямых ударов молнии, от электрической и электромагнитной индукции, от заноса высокого потенциала через

подземные и надземные коммуникации на всей территории Российской Федерации. Молниеотводы предусматриваются с зонами защиты типа А.

Здания и сооружения II категории должны быть защищены от прямых ударов молнии; вторичных ее воздействий и заноса высоких потенциалов по коммуникациям только в местностях со средней интенсивностью грозовой деятельности $n_g \geq 10$. Тип зоны защиты молниеотводов зависит от показателя N : тип А берется при $N > 1$, тип Б – при $N \leq 1$.

Наружные технологические установки класса В–Iг, относимые ко II категории, подлежат защите от прямых ударов молнии на всей территории РФ, а молниеотводы предусматриваются с зонами типа Б. Некоторые из этих установок (например, резервуары с плавающими крышами или понтонами) подлежат защите и от электростатической индукции.

Здания и сооружения III категории подлежат молниезащите в местностях с грозовой деятельностью 20 ч и более в год, а тип зоны защиты молниеотводов зависит от степени огнестойкости здания. Например, зона типа Б требуется для зданий и сооружений I и II степени огнестойкости – при $0,01 < N \leq 2$, зона типа А – для III, IV и V степени огнестойкости при $N > 2$.

Для наружных установок класса II–III и для жилых и общественных зданий предусматривают молниезащиту при грозовой деятельности 20 ч и более в год и зону защиты типа Б.

Все здания и сооружения III категории защищают от прямых ударов молнии и заноса высоких потенциалов через наземные металлические коммуникации. Наружные установки защищают только от прямых ударов молнии.

3.4.3. Зоны защиты молниеотводов

Одиночный стержневой молниеотвод. Зона его защиты при высоте $h \leq 150$ м представляет собой конус, вершина которого находится на высоте $h_0 < h$, основание образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защитного уровня сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x (рис. 3.5). Эти величины составят для зоны типа А:

$$h_0 = 0,85h; r_0 = (1,1 - 0,002h)h; r_x = (1,1 - 0,002h)(h - h_x / 0,85).$$

Для зоны типа Б:

$$h_0 = 0,92h; r_0 = 1,5h; r_x = 1,5(h - h_x / 0,92),$$

где r_x и h_x определяют по закону подобия треугольников.

Для зоны типа Б высоту молниеотвода при известных величинах h_x и r_x устанавливают по формуле:

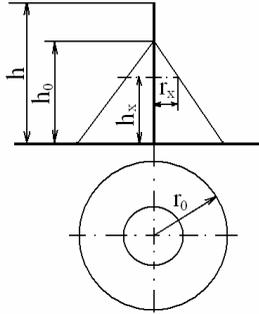


Рис. 3.5. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 150 м

Двойной стержневой молниеотвод при $h \leq 150$ м. Торцевые части зоны защиты определяют как зоны одиночных стержневых молниеотводов. Значения h_0 , r_0 , r_{x1} и r_{x2} рассчитывают по вышеприведенным формулам для обоих типов зоны защиты.

Зона типа А (при $L \leq 3h$):

– при $L \leq h$

$$h_c = h_0; r_c = r_0; r_{cx} = r_x,$$

– при $L > h$

$$h_c = h_0 - (0,17 + 3 \cdot 10^{-4} h)(L - h), r_c = r_0, r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) / h_c.$$

Зона типа Б (при $L \leq 5h$):

– при $L \leq 1,5h$

$$h_c = h_0, r_{cx} = r_x, r_c = r_0,$$

– при $L > 1,5h$

$$h_c = h_0 - 0,14(L - 1,5h).$$

Величины r_c и r_{cx} определяют как для зоны типа А. При известных h_c , L и $r_{cx} = 0$ высоту молниеотвода для зоны типа Б определяют по формуле:

$$h = (h_c + 0,14h) / 1,13.$$

Если стержневые молниеотводы стоят на расстоянии $L \geq 3h$ и $L > 5h$, их рассматривают как одиночные (рис. 3.6).

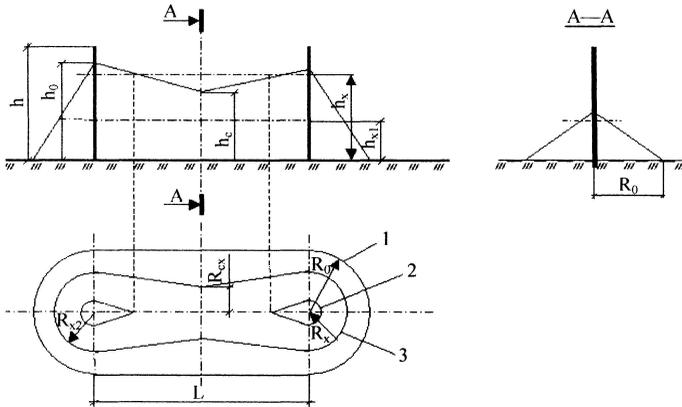


Рис. 3.6. Зона защиты двойного стержневого молниеотвода высотой до 150 м
 1 – граница зоны защиты на уровне земли; 2 – граница зоны защиты на уровне h_{x1} ; 3 – граница зоны защиты на уровне h_{x2} .

Двойной стержневой молниеотвод разной высоты при h_1 и $h_2 < 150$ м. Торцевые части также представляют собой зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов соответствующей высоты, а h_{01} , h_{02} , L_{02} , r_{01} , r_{02} , r_{x1} , r_{x2} определяют как для одиночного молниеотвода для обоих типов зон:

$$r_{cx} = r_0 (h_c - h_x) / h_c, \quad r_c = (r_{01} + r_{02}) / 2, \quad h_c = (h_{c1} + h_{c2}) / 2,$$

где h_{c1} и h_{c2} для обоих типов зон защиты вычисляют по формулам для двойного стержневого молниеотвода при $h \leq 150$ м.

Для разновысокого двойного стержневого молниеотвода зона защиты типа А существует при $L \leq 3h_1$, типа Б – при $L \leq 5h_1$ (рис. 3.7).

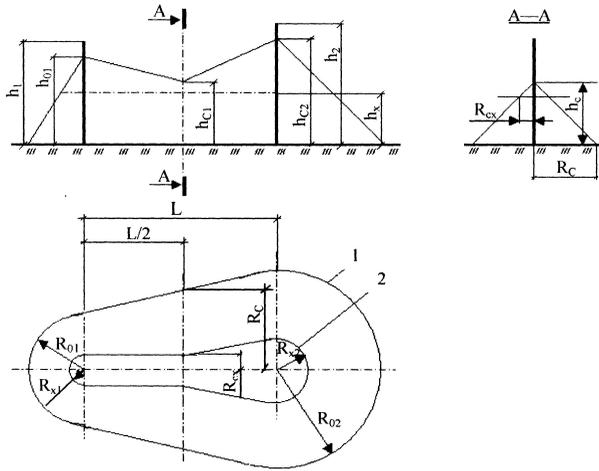


Рис. 3.7. Зона защиты двух стержневых молниеотводов разной высоты
 1 – граница зоны защиты на уровне земли; 2 – граница зоны защиты на уровне h_{x1} .

Множественный стержневой молниеотвод. Зону защиты множественного стержневого молниеотвода равной высоты определяют как зону защиты попарно взятых соседних стержневых молниеотводов.

Основным условием защищенности одного сооружения или группы сооружений высотой h_x с надежностью, соответствующей зонам типа А и Б, является неравенство $r_{cx} > 0$ для всех попарно взятых молниеотводов. Величину r_{cx} для обоих типов зоны защиты рассчитывают по формулам для двойного стержневого молниеотвода при $h \leq 150$ м.

Одиночный тросовый молниеотвод при $h \leq 150$ м. Здесь h – расстояние по высоте до троса в точке наибольшего провеса. С учетом стрелы провеса при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета $a < 120$ м высота до троса $h = h_{оп} - 2$ м, а при $a = 120 - 150$ м $h = h_{оп} - 3$ м.

Зоны защиты одиночных тросовых молниеотводов имеют следующие размеры.

Для типа А:

$$h_0 = 0,85h, \quad r_0 = (1,35 - 0,0025h)h,$$

$$r_x = (1,35 - 0,0025h)(h - h_x / 0,85).$$

Для типа Б:

$$h_0 = 0,92h, \quad r_0 = 1,7h, \quad r_x = 1,7(h - h_x / 0,92).$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных h_x и R_x равна $h = (r_x + 1,85h_x) / 1,7$ (рис. 3.8).

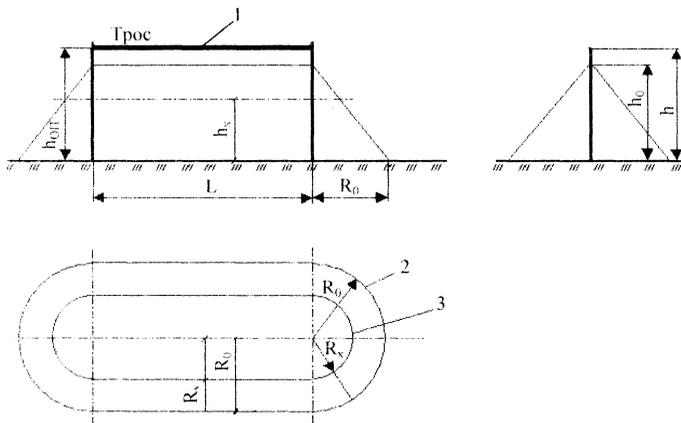


Рис. 3.8. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой до 150 м
1 – граница зоны защиты на уровне земли; 2 – граница зоны защиты на уровне h_x .

Задание. Рассчитать высоту отдельно стоящего стержневого молниеотвода для защиты от прямых ударов молнии здания склада лакокрасочных материалов (ЛКМ) предприятия.

Здание расположено в Белгородской области, имеет размеры $L = 10$ м; $S = 15$ м, $h_x = 5$ м.

По классификации ПУЭ класс взрывопожароопасной зоны для склада ЛКМ – В-Iа. Согласно классификации зданий и сооружений по устройству молниезащиты склад относится ко II категории и должен быть защищен от всех четырех опасных факторов атмосферного электричества (прямого удара молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов).

1. Определяем требуемый тип зоны защиты для склада ЛКМ.

По карте среднегодовой продолжительности гроз на территории РФ (рис. 3.9) находим, что интенсивность грозовой деятельности в Белгородской области составляет 60...80 ч в год. Согласно прил. 12 такой интенсивности соответствует среднегодовое число ударов молнии, приходящееся на 1 км^2 площади, равное $n = 9$. Находим ожидаемое число поражений склада ЛКМ молнией в течение года N по формуле (3.16).

$$N = (10+6\cdot5)(15+6\cdot5) \cdot 9 \cdot 10^{-6} = 0,016$$

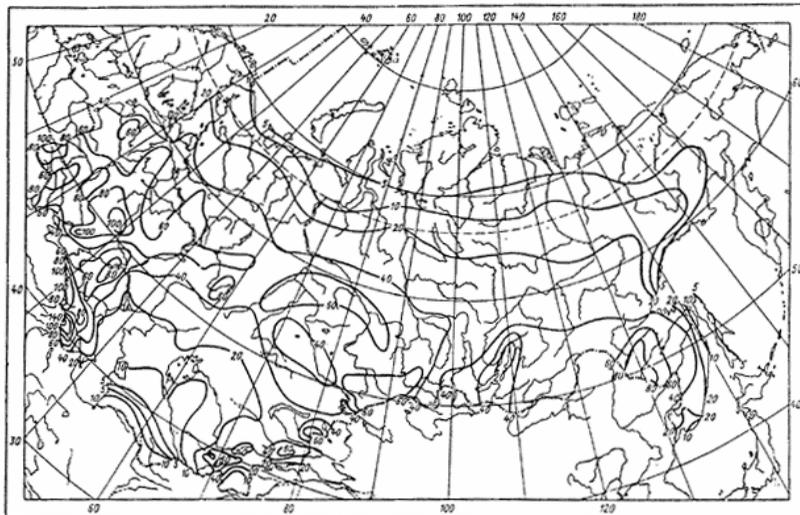


Рис. 3.9. Карта средней за год продолжительности гроз в часах для территории РФ

Принимаем тип зоны защиты в зависимости величины N (тип А или Б).

Так как полученная величина $N < 1$, следует устраивать молниезащиту типа Б.

2. Выписываем геометрические размеры зоны защиты принятого типа (рис 3.4) для h_0 , R_0 , R_x . Принимаем установку молниеотвода в центре здания.

3. Определяем радиус R_x зоны защиты на высоте объекта, используя графический метод. Наносим в выбранном масштабе на лист бумаги план склада ЛКМ (вид сверху). Выбираем и наносим на схему точку установки молниеотвода (для объектов II категории расстояния между молниеотводами и защищаемым объектом не нормируются). Считая эту точку центром, описываем окружность такого радиуса, чтобы защищаемый объект (склад ЛКМ) вписался в нее (рис. 3.10).

$$R_x = \sqrt{10^2 + 15^2} / 2 = 9 \text{ м.}$$

4. Вычисляем высоту молниеотвода h :

$$h = (R_x + 1,63h_x) / 1,5 = (9 + 1,63 \cdot 5) / 1,5 = 11,4 \text{ м.}$$

5. Определяем другие размеры зоны защиты: h_0 и R_0 .

$$h_0 = 0,92h = 0,92 \cdot 11,4 = 10,48 \text{ м}$$

R_0 (рис. 3.10) определяем из подобия треугольников:

$$\frac{AB}{A\varepsilon} = \frac{BC}{CD}; \quad A\varepsilon = \frac{AB \cdot CD}{BC} = \frac{10,48 \cdot 7,5}{5,48} = 14,3 \text{ м}$$

$$A\varepsilon = R_0$$

$$R_0 = 14,3 \text{ м}$$

6. Строим на схеме зону защиты (вид сбоку) и проверяем графически вписываемость объекта здания склада в зону защиты по высоте (рис. 3.10).

Вывод: Объект вписался в зону защиты по высоте, значит проведенные расчеты верны.

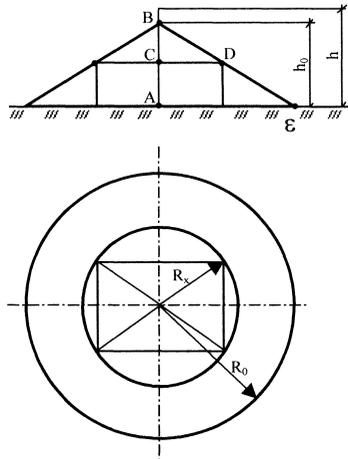


Рис. 3.10. Схема зоны защиты принятого типа молниеотвода

3.4.4. Расчет заземляющего устройства молниеотвода

Сопротивлением заземлителя или сопротивлением растеканию тока с него R называют отношение потенциала U на нем к току I , стекающему с него. Для сосредоточенных заземлителей величина R представляет собой сопротивление среды, в которой находится заземлитель. Оно не учитывает материала заземлителя и переходного или контактного сопротивления между заземлителем и средой.

Сопротивление среды для сосредоточенных заземлителей зависит от ее свойств, размеров и формы электродов и их взаимного расположения. На сопротивление протяженных заземлителей, кроме того, влияют и проводящие свойства материала.

Сопротивление растеканию R одиночных электродов при токах промышленной частоты определяют в зависимости от типа заземлителя:

- для труб и электродов из круглой стали, забитых вертикально вровень с поверхностью земли,

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r}$$

- для труб и электродов, погруженных на глубину,

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{l}{r} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+1}{4h-1} \right)$$

- для труб и электродов из круглой стали, закопанных горизонтально на глубину,

$$R_3 = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{1}{\sqrt{2hr}}$$

- для колец диаметром D из круглой стали

$$R_4 = \frac{\rho}{20D} \left(\ln \frac{4D}{r} + \ln \frac{\pi D}{4h} \right)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м; l – длина электрода, м, зависит от ρ (прил. 8); r – радиус круглой стали (для угловой стали $r = 0,47 b$, здесь b – ширина полки уголка, для полосовой стали $r = 0,25 b$); h – глубина заложения трубы или электрода, м; D – диаметр кольца.

В формуле определения R_2 вторым слагаемым можно пренебречь, так как оно составляет 4 ... 5 %.

Удельное сопротивление грунта ρ зависит от состава почвы, ее влажности, температуры, плотности и других факторов. Ориентировочные значения ρ , Ом·м, приведены ниже:

Торф.....	40
Речная вода.....	50
Глина.....	70
Каменистая глина.....	100
Суглинок.....	150
Смешанный грунт (глина, известняк, щебень).....	150
Чернозем.....	200
Супесь.....	400
Песок.....	900
Известняк, мергель.....	1400
Скальный грунт.....	3000

Сопротивления одиночных заземлителей, вычисленные по приведенным формулам, оказываются выше полученных при стекании с них больших токов молнии.

Сопротивление заземлителей при растекании тока молнии называют импульсным и определяют по формуле:

$$R_{и} = R \cdot \alpha_{и}$$

где R – сопротивление электрода при низкой частоте и при малых плотностях токов на поверхности; $\alpha_{и}$ – импульсный коэффициент для одиночного электрода (прил. 13).

Этот коэффициент тем меньше, чем больше удельное сопротивление ρ , выше амплитуда тока молнии I_m и меньше длина электрода. Для токов с амплитудой 10 кА – коэффициент можно увеличить на 0,1, а для токов с амплитудой 20 кА уменьшить на 0,1. Импульсное сопротивление сложного заземлителя $R_{ис}$ из n параллельно включенных одиночных стержней или полос определяют по формуле:

$$R_{ис} = \frac{R_{и}}{n\eta_{и}}$$

где $\eta_{и}$ – импульсный коэффициент использования, зависящий от числа электродов, их длины, поперечных размеров и взаимного расположения.

Для вертикальных стержней, электрически связанных полосой и расположенных на расстоянии вдвое большем их длины, а также для трех горизонтальных симметричных полос $\eta_{и} \cong 0,75$, а для двух расходящихся в обе стороны полос $\eta_{и} \cong 0,95$.

Импульсное сопротивление сложного и часто встречающегося заземлителя из n вертикальных стержней, соединенных горизонтальной полосой или круглой сталью, определяют по формуле:

$$\frac{R_{ив} R_{ис} / n}{(R_{ив} / n) + R_{иг}} \times \frac{1}{\eta_{и}} = \frac{R_{ив} R_{иг}}{(R_{ив} + nR_{иг})}$$

где $R_{ив}$, $R_{иг}$ – импульсное сопротивление соответственно вертикального стержня и горизонтальной полосы.

Например, если по нормам или по расчету нужно иметь $R_{ис} = 20$ Ом, то при $\rho = 500$ Ом·м необходимо получить измеренную величину сопротивления в 30 Ом. Если оно окажется большим, то следует увеличить число электродов.

Приложение 1

Значение коэффициента запаса, учитывающего старение лампы, запыление и загрязнение светильника

Помещение	Коэффициент запаса K_z				
	При естественном освещении			При искусственном освещении	
	Вертикально	Наклонно	Горизонтально	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
Производственные помещения с содержанием в воздушной среде: свыше 5 мг/м ³ пыли, дыма, копоти.....	1,5	1,7	2	2	1,7
от 1 до 5 мг/м ³	1,4	1,5	1,8	1,8	1,5
менее 1 мг/м ³	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
Помещения общественных и жилых зданий	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3

Приложение 2

Значение коэффициента использования светильников

Индекс помещения	Тип светильника														
	«Астра – 1.11,12», У, УМП – 15					ММР, НСР-01, НСП-0					УАД, ДРЛ				
	Коэффициенты отражения $\rho_{\text{л}}, \rho_{\text{с}}, \rho_{\text{р}}, \%$														
	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0
	70	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0,5	24	22	20	17	16	19	18	12	9	6	30	30	23	20	18
0,6	34	32	26	23	21	24	23	15	11	8	37	36	30	27	26
0,7	42	39	34	30	29	29	27	19	15	12	42	40	33	31	29
0,8	46	44	38	34	33	33	31	23	18	14	45	43	37	34	33
0,9	49	47	41	37	36	35	33	25	19	15	47	45	40	37	35
1,0	51	49	43	39	37	37	35	26	20	16	49	47	41	40	38
1,1	53	40	45	41	39	40	37	28	22	18	54	50	43	42	40
1,25	56	52	47	43	41	43	40	30	24	19	55	53	47	44	42
1,5	60	55	50	46	44	46	42	32	25	20	59	56	50	48	45
1,75	63	58	53	48	46	49	45	35	27	22	62	58	53	50	48
2,0	66	60	55	54	49	52	47	37	29	23	67	60	59	53	50
2,25	68	62	57	53	54	54	49	39	31	24	69	62	57	54	52
2,5	70	64	59	55	53	56	50	40	32	25	71	63	59	57	53
3,0	73	66	63	58	56	60	53	43	35	27	73	66	60	58	56
3,5	76	68	64	61	59	62	55	45	36	28	75	67	61	59	57
4,0	78	70	66	62	60	64	57	47	38	30	77	69	63	61	58

5,0	81	73	69	64	62	67	59	49	40	32	79	70	66	63	60
-----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Приложение 3

Приблизительное значение коэффициентов отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения
Побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при незавершенных окнах, побеленный потолок в сырых помещениях, чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях, деревянный потолок, бетонные стены с окнами, стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолок в помещениях с большим количеством темной пыли, сплошное остекление без штор красный кирпич, стены с темными обоями. Темная расчетная поверхность или темный пол	10

Приложение 4

Технические данные ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
1	2	3	4	5	6
Лампы накаливания общего назначения (ГОСТ 2239-79)					
B127-15	15	130	B220-15	15	105
B127-25	25	235	B220-25	25	205
B127-40	40	440	B220-40	40	370
B127-60	60	740	B220-60	60	620
B127-75	75	980	B220-75	75	840
B127-100	100	1400	B220-100	100	1240
Г127-150	150	2300	Г220-150	150	1900
Г127-200	200	3200	Г220-200	200	2700
Г127-300	300	5150	Г220-300	300	4350
1	2	3	4	5	6
Г127-500	500	9100	Г220-500	500	8100
Г127-750	750	14250	Г220-750	750	13100
Г127-1000	1000	19500	Г220-1000	1000	18200
Г127-1500	1500	29500	Г220-1500	1500	28000
B215-225-25	25	220	БК127-40	40	490
B215-225-40	40	415	БК127-60	60	820
B215-225-60	60	715	БК127-75	75	1080
B215-225-75	75	950	БК127-100	100	1560
B215-225-100	100	1350	БК220-40	40	430
B215-225-150	150	2100	БК220-60	60	700
B215-225-200	200	2920	БК220-75	75	950
Г215-225-300	300	4610	БК220-100	100	1380
Г215-225-500	500	8300			
Лампы накаливания местного назначения (ГОСТ 2239-79)					
МО12-15	15	180	МО36-40	40	450

МО12-25	25	300	МО36-60	60	800
---------	----	-----	---------	----	-----

Окончание прил. 4

1	2	3	4	5	6
МО12-40	40	520	МО36-100	100	1550
МО12-60	60	850	МО36-150	150	2450
МО36-25	25	235			
Люминесцентные лампы (ГОСТ 6825–91)					
ЛБВ20	20	800	ЛТБ80	80	4720
ЛБВ40	40	2360	ЛХБ20	20	950
ЛБ20	20	1180	ЛХБ40	40	2780
ЛБ40	40	3000	ЛХБ65	65	4100
ЛБ65	65	4550	ЛХБ80	80	4600
ЛБ80	80	5220	ЛД20	20	920
ЛБW30	30	1400	ЛД40	40	2340
ЛБК20	20	820	ЛД65	65	3570
ЛБК22	22	850	ЛД80	80	4070
ЛБК32	32	1500	ЛДЦ20	20	820
ЛБК40	40	2200	ЛДЦ40	40	2100
ЛТБ20	20	975	ЛДЦ65	65	3050
ЛТБ40	40	2780	ЛДЦ80	80	3560
ЛТБ65	65	4200			
Ртутные, металлогалогенные и ксеноновые лампы высокого давления (ГОСТ 23563–79, 23198–94, 20401–76)					
ДРЛ80	80	3400	ДК _c Т2000	2000	35700
ДРЛ125	125	6000	ДК _c Т5000	5000	97600
ДРЛ250	250	13000	ДК _c Т20000	20000	694400
ДРЛ400	400	18000	ДК _c Т50000	50000	2230000
ДРЛ700	700	38000	ДРИ250	250	18700
ДРЛ1000	1000	57000	ДРИ400	400	58000
ДРИ250-5	250	19000	ДРИ700	700	59500
ДРИ400-5	400	35000	ДРИ2000-2	2000	190000
ДРИ1000-5	1000	90000			

Приложение 5

**Приближенные значения удельных сопротивлений
грунтов и воды, Ом·м**

Грунт и вода	Возможные пределы колебаний	При влажности 10 ... 12% к массе грунта
Песок	400–700	700
Супесок	150–400	300
Суглинок	40–150	100
Глина	8–70	40
Чернозем	9–53	20
Речная вода	10–100	-
Морская вода	0,2–1	-

Приложение 6

**Коэффициенты использования η_v вертикальных электродов
группового заземления (труб, уголков и т.п.) без учета влияния
полосы связи**

Число заземлите- ля, n	Отношение расстояний между электродами к их длине					
	1	2	3	1	2	3
	Электроды размещены в ряд (рис. I а)			Электроды размещены по контур (рис. I б)		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

а ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

б

```

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
○
○
○
○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

```

Рис. I. Способы размещения электродов группового заземлителя (вид в плане):

a – вертикальные электроды размещены в ряд; b – вертикальные электроды размещены по контуру

Приложение 7

**Коэффициенты использования η_{II} горизонтального полосового
электрода, соединяющего вертикальные электроды (трубы,
уголки и т.п.) группового заземлителя**

Отношение расстояний между вертикальными электродами к их	Число вертикальных электродов							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Вертикальные электроды размещены в ряд (рис. I а)								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	–	–	–	–
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
Вертикальные электроды размещены по контуру (рис. I б)								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Предельные длины $l_{пр}$ горизонтальных заземлителей

$\rho, \text{ Ом}\cdot\text{м}$	до 500	500	1000	2000	4000
$l_{пр}, \text{ м}$	25	35	50	80	100

Коэффициент сезонности ψ для однородной земли

Климатическая зона	Влажность земли во время измерения ее сопротивления					
	Вертикальный электрод длиной 3 м (5 м)			Горизонтальный электрод длиной 10 м (50 м)		
	Повышенная	Нормальная	Малая	Повышенная	Нормальная	Малая
1	1,9(1,5)	1,7(1,4)	1,5(1,3)	9,3(7,2)	5,5(4,5)	4,1(3,6)
2	1,7(1,4)	1,5(1,3)	1,3(1,3)	5,9(4,8)	3,5(3,0)	2,6(2,4)
3	1,5(1,3)	1,3(1,2)	1,2(1,1)	4,2(3,2)	2,5(2,0)	2,0(1,6)
4	1,3(1,2)	1,1(1,1)	1,0(1,0)	2,5(2,2)	1,5(1,4)	1,1(1,12)

Примечания: 1. Земля считается повышенной влажности, если измерению ее сопротивления предшествовало выпадение большого количества (свыше нормы) осадков (дождей); нормальной (средней) влажности – если измерению предшествовало выпадение небольшого количества (близкое к норме) осадков; малой влажности – если земля сухая, количество осадков в предшествующий измерению период ниже нормы.

2. Заглубление электродов, т.е. расстояние от поверхности земли до верхнего конца вертикального электрода и до горизонтального электрода равно 0,7...0,8 м.

Приближенные значения расчетных сопротивлений $Z_T, \text{ Ом}$, обмоток масляных трехфазных трансформаторов

Мощность трансформатора, кВ·А	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	$Z_T, \text{ Ом}$, при схеме соединения обмоток		Мощность трансформатора, кВ·А	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	$Z_T, \text{ Ом}$, при схеме соединения обмоток	
		Y/Y_n	Δ/Y_n			Y/Y_n	Δ/Y_n
25	6–10	3,110	0,906	400	6–10	0,195	0,056
40	6–10	1,949	0,562	630	20–35	0,191	–
63	6–10	1,237	0,360		6–10	0,129	0,042
100	20–35	1,136	0,407	1000	20–35	0,121	–
	6–10	0,799	0,226		6–10	0,081	0,027
160	20–35	0,767	0,327	1600	20–35	0,077	0,032
	6–10	0,487	0,141		6–10	0,054	0,017
250	20–35	0,478	0,203		20–35	0,051	0,020
	6–10	0,312	0,90				
	20–35	0,305	0,130				

Примечание: данные таблицы относятся к трансформаторам с обмотками низшего напряжения 400/230 В. При низшем напряжении 230, 127 в значения сопротивлений, приведенных в таблице необходимо уменьшить в 3 раза.

Приложение 11

Активные r и внутренние индуктивные X_{ω} сопротивления стальных проводников при переменном токе (50 Гц), Ом/км

Размеры или диаметр сечения, мм	Сечение, мм ²	r	X_{ω}	r	X_{ω}	r	X_{ω}	r	X_{ω}
		при ожидаемой плотности тока в проводнике, А/мм ²							
		0,5		1,0		1,5		2,0	
Полоса прямоугольного сечения									
20x4	80	5,24	3,14	4,20	2,52	3,48	2,09	2,97	1,78
30x4	120	3,66	2,20	2,91	1,75	2,38	1,43	2,04	1,22
30x5	150	3,38	2,03	2,56	1,54	2,08	1,25	–	–
40x4	160	2,80	1,68	2,24	1,34	1,81	1,09	1,54	0,92
50x4	200	2,28	1,37	1,79	1,07	1,45	0,87	1,24	0,74
50x5	250	2,10	1,26	1,60	0,96	1,28	0,77	–	–
60x5	300	1,77	1,06	1,34	0,80	1,08	0,65	–	–
проводник круглого сечения									
5	19,63	17,0	10,2	14,4	8,65	12,4	7,45	10,7	6,4
6	28,27	13,7	8,2	11,2	6,7	9,4	5,65	8,0	4,8
8	50,27	9,60	5,75	7,5	4,50	6,4	3,84	5,3	3,2
10	78,54	7,20	4,32	5,4	3,24	4,2	2,52	–	–
12	113,1	5,60	3,36	4,0	2,40	–	–	–	–
14	150,9	4,55	2,73	3,2	1,92	–	–	–	–
16	201,1	3,72	2,23	2,7	1,60	–	–	–	–

Приложение 12

Среднее число ударов молнии в год (n) на 1 км² поверхности земли

Интенсивность грозовой деятельности за год, ч	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100
Среднее число ударов молнии в год на 1 км ²	1	3	6	9	12

Приложение 13

Коэффициент α_n

ρ , Ом·м	До 100	100	500	1000	2000
α_n	0,9/0,9	0,7/0,9	0,5/0,7	0,3/0,5	–/0,35

Примечание. До черты коэффициент для комбинированных заземлителей, после черты – для вертикальных.

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для студентов средних спец. учеб. заведений / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; под общей ред. С.В. Белова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 357 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): учеб. пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – М.: Высш. шк., 2004. – 319 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: учеб. / под ред. С.В. Белова. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2005. – 606 с.
4. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 2007. – 616 с.
5. *Глебова, Е.В.* Производственная санитария и гигиена труда: учеб. пособие для вузов / Е.В. Глебова. – М.: Высш. шк., 2007. – 382 с.
6. *Пчелинцев В.А.* Охрана труда в строительстве: Учеб. для строит. вузов / фак. / В.А. Пчелинцев – М.: Высшая школа, 1991. – 272 с.
7. *Русак, О.Н.* Безопасность и охрана труда: учеб. пособие для вузов / под ред. О.Н. Русака. – СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2001. – 279 с.
8. *Русак, О.Н.* Безопасность жизнедеятельности в техносфере. учеб. пособие / под ред. О.Н. Русака, В.Я. Кондратенко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. – 431 с.
9. *Девисилов, В.А.* Охрана труда. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2005. – 400 с.
10. *Радоуцкий, В.Ю.* Производственная санитария и гигиена труда: учебное пособие для вузов / В.Ю. Радоуцкий, Е.О. Партигул, В.В. Янишин. - Белгород, 2005. – 292 с., ил.
11. *Айзенберг, Ю.Б.* Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 2-е издание. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 526 с.
12. *Кнорринг, Г.М.* Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. Л.: Энергия, 1973. – 200 с.
13. Безопасность труда в строительстве (Инженерные расчеты по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»): учеб. пособие / Д.В. Коптев, Г.Г. Орлов, В.И. Булыгин и др. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 352 с.
14. Защита в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / Б.А. Храмов, Г.М. Горшколепов, С.Н. Курбатов, В.В. Янишин; под ред. Б.А. Храмова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. – 272 с.
15. Опасные промышленные объекты, прогнозирование и оценка возможных чрезвычайных ситуаций: учеб. пособие/ Б.А. Храмов,

Н.М. Юрина, В.И. Филиппов, Г.М. Горшколепов – 2-е изд. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. – 70 с.

16. Безопасность жизнедеятельности: Конспект лекций/ И.Г. Гавриленко и др. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2002. – 113с.

17. Безопасность жизнедеятельности: лабораторный практикум / С.Ш. Залаева, Е.А. Носатова, Т.Г. Болотских и др. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 114 с.

Справочная и нормативная литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации. С изменениями и дополнениями на 15 сентября 2007 года. – М.: Изд-во ЭКСМО, 2007. – 320 с.

2. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса: Руководство Р 2.2.755–99. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. – 192 с.

3. СНиП 23-05–95 «Естественное и искусственное освещение». – М.: Информиздатцентр Госстроя России, 1995.

4. СанПиН 2.2.4.1191–03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

5. Нормы радиационной безопасности (НРБ–99).

6. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ–99).

7. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров» № 5804–91.

8. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3–ФЗ от 9.01.96 г.

9. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116–ФЗ от 21.07.97 г.

10. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» №68–ФЗ от 21.12.94 г.

11. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

12. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

13. ГОСТ 12.4.021–75 ССБТ. Общие требования к системам вентиляции.

14. ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

15. ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

16. ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

17. СНиП 2.01.02–85 «Нормы проектирования. Противопожарные нормы».

18. ГН 2.2.5.686–98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, производственная пыль, токсичные газы и пары

19. Инструкция «По устройству молниезащиты зданий и сооружений» РД 34.21.122–8 7.

Оглавление

Введение.....	3
1. Общие указания.....	4
2. Содержание раздела «Безопасность жизнедеятельности».....	5
2.1. Безопасность технологических процессов и производств.....	5
2.2. Защита населения и территорий при чрезвычайных ситуациях...	10
2.3. Перечень примерных тем и расчетов.....	12
3. Примерные расчеты.....	12
3.1. Расчет искусственного освещения.....	13
3.2. Расчет защитного заземления оборудования.....	15
3.3. Защитное зануление.....	19
3.4. Расчет молниезащиты зданий и сооружений.....	23
3.4.1. Параметры грозовой деятельности и воздействие молнии на объекты.....	23
3.4.2. Классификация зданий и сооружений по устройству молниезащиты.....	24
3.4.3. Зоны защиты молниеотводов.....	26
3.4.4. Расчет заземляющего устройства молниеотвода.....	31
Приложения.....	34
Приложение 1. Значение коэффициента запаса, учитывающего старение лампы, запыление и загрязнение светильника.....	34
Приложение 2. Значение коэффициента использования светильников.....	34
Приложение 3. Приблизительное значение коэффициента отражения стен и потолка.....	35
Приложение 4. Технические данные ламп.....	35
Приложение 5. Приближенные значения удельных сопротивлений грунтов и воды, Ом·м.....	36
Приложение 6. Коэффициенты использования $\eta_{\text{в}}$ вертикальных электродов группового заземления (труб, уголков и т.п.) без учета влияния полосы связи.....	37
Приложение 7. Коэффициенты использования $\eta_{\text{г}}$ горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды (трубы, уголки и т.п.) группового заземлителя.....	37
Приложение 8. Предельные длины $l_{\text{пр}}$ горизонтальных заземлителей.....	38

Приложение 9. Коэффициент сезонности ψ для однородной земли.....	38
Приложение 10. Приближенные значения расчетных сопротивлений Z_T , Ом, обмоток масляных трехфазных трансформаторов.	38
Приложение 11. Активные r и внутренние индуктивные X_w сопротивления стальных проводников при переменном токе (50 Гц), Ом/км.....	39
Приложение 12. Среднее число ударов молнии в год (n) на 1 км ² поверхности земли.....	39
Приложение 13. Коэффициент α_n	39
Библиографический список.....	40

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению раздела «Безопасность жизнедеятельности»
в выпускной квалификационной работе для студентов специальности
140211 – Электроснабжение

**Составители: Болотских Татьяна Геннадьевна
Залаева Светлана Шагитовна
Рыбка Оксана Александровна**

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Усл. печ. л. . Уч-изд. л. .

Тираж экз. Заказ . Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом
университете им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46