

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**О.А. Антонеvич, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников,
И.Л. Мезенцева, Е.Н. Пашков, И.И. Романцов,
А.И. Сечин, Ю.М. Федорчук**

Безопасность жизнедеятельности Практикум

Рекомендовано в качестве учебного пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Издательство
Томского политехнического университета
2022

УДК 614:57.022(076.5)

ББК 68.9я73

Б40

Антоневич О.А.

Б40 Безопасность жизнедеятельности. Лабораторный практикум: учебное пособие / О.А. Антоневич, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, И.Л. Мезенцева, Е.Н. Пашков, И.И. Романцов, А.И. Сечин, Ю.М. Федорчук; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 163 с.

Практикум содержит практический материал, подобранный для самостоятельного закрепления студентами теоретических основ дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Состоит из 10 заданий с несколькими десятками вариантов, а также методических указаний по их выполнению.

Сборник предназначен как для выполнения заданий на практических занятиях, так и для самостоятельной работы студентов всех специальностей очного и заочного обучения, обучающихся в ТПУ.

УДК 614:57.022(076.5)

ББК 68.9я73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

В.А. Власов

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

С.А. Карауш

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2022

© Составители.2022

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2022

Оглавление

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ	5
Основные теоретические положения	5
Методические указания к практическому занятию	7
РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ	9
Основные теоретические положения	9
Методические указания к практическому занятию	18
РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА.....	25
Основные теоретические положения	25
Методические указания к практическому занятию	25
1. Расчет воздухообмена для очистки воздуха	26
1.1. Определение воздухообмена при испарении растворителей и лаков	26
1.2. Определение потребного воздухообмена при пайке электронных схем	27
1.3. Определение воздухообмена в жилых и общественных помещениях.....	27
1.4. Определение потребного воздухообмена при выделении газов (паров) через неплотности аппаратуры, находящейся под давлением	28
2. Расчет воздухообмена для удаления избыточного тепла.....	30
РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ.....	37
Основные теоретические положения	37
Выбор источников света.....	37
Выбор светильников и их размещение	39
Выбор величины освещенности.....	45
Методические указания к практическому занятию	47
РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТНЫХ ЗОН ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	54
Основные теоретические положения	Ошибка! Закладка не определена.
Расчет молниезащиты	64
Пример расчета молниезащиты	69
Методические указания к практическому занятию.....	Ошибка! Закладка не определена.
РАСЧЁТ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ	72
Основные теоретические положения	Ошибка! Закладка не определена.
План расчета	72
Методические указания к практическому занятию.....	Ошибка! Закладка не определена.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТИ	
ПРОИЗВОДСТВ.....	83
Методика расчета объема взрывоопасной смеси.....	83
Методика определения взрывопожарной опасности производства.....	87
ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ	90
Определение расчетного времени эвакуации.....	90
Определение необходимого времени эвакуации	92
Методические указания к практическому занятию	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ	
СИТУАЦИЯХ (ЧС).....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
Основные теоретические положения	Ошибка! Закладка не определена.
Методические указания к практическому занятию	Ошибка! Закладка не определена.
ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ	144
Основные теоретические положения.....	
Методические указания к практическому занятию. Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.....	147

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Опасность - явление, процессы, предметы, могущие нанести ущерб здоровью человека. Опасности реализуются в виде потоков, вещества, энергии и информации.

Для идентификации (определения) опасности предложена качественная классификации по двухуровневой схеме.

В первой группе (I уровень) опасности классифицируются по происхождению, по параметрам и зонам воздействия, а именно:

- вид потока, образующего опасность;
- интенсивность (уровень) воздействия опасности;
- длительность воздействия опасности на объект защиты;
- вид зоны воздействия опасностей;
- размеры зон воздействия опасности;
- степень завершенности процесса воздействия опасности на объект защиты.

Во вторую группу (II уровень) классификации опасностей целесообразно свести признаки, связанные со свойствами объекта защиты, а именно:

- способность объекта защиты различать опасности;
- вид влияния негативного воздействия опасности на объект защиты;
- численность лиц, подверженных воздействию опасности.

Классификация опасностей по признакам, характеризующим их свойства (I группа) и воздействие на объект защиты (II группа), приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация опасностей

Группа и признаки классификации	Вид (класс)
<i>1 группа. Свойства опасностей</i>	
По происхождению	Естественные Естественно-техногенные Антропогенные Антропогенно-техногенные Техногенные
По физической природе потоков	Массовые Энергетические Информационные
По интенсивности потоков	Опасные Чрезвычайно опасные
По длительности воздействия	Постоянные Переменные, периодические Импульсные, кратковременные
По виду зоны воздействия	Производственные Бытовые Городские (селитебные) Зоны ЧС

По размерам зоны воздействия	Локальные (местные) Региональные Межрегиональные Глобальные
По степени завершенности процесса воздействия	Потенциальные Реальные Реализованные
<i>II группа. Свойства объекта защиты</i>	
По способности различать (идентифицировать) опасности	Различаемые Неразличаемые
По виду негативного влияния опасности	Вредные Травмоопасные
По численности лиц, подверженных опасному воздействию	Индивидуальные (личные) Групповые (коллективные) Массовые

По происхождению опасности среды обитания следовало бы разделить на естественные и антропогенные, полагая при этом, что *естественные опасности* обусловлены климатическими и иными природными явлениями и что возникают они при изменении погодных условий и естественной освещенности в биосфере, а также при стихийных явлениях, происходящих в биосфере (наводнения, землетрясения и т.д.).

Все остальные опасности следовало бы назвать *антропогенными*, поскольку человек непрерывно воздействует на среду обитания продуктами своей деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т.н.) генерируя тем самым и среде обитания многочисленные опасности. При этом под антропогенными опасностями следует понимать опасности, которые возникают в результате ошибочных или несанкционированных действий человека или групп людей.

В принципе все опасности, происходящие от машин и технологий, по своей сути антропогенны, поскольку их творцом считается человек, однако, учитывая их многообразие, значимость и, как правило, обезличенность по отношению к их создателю, эти опасности в современном представлении выделяют в отдельную группу — группу *техногенных* опасностей.

Техногенные опасности создают элементы техносферы — машины, сооружения и вещества. Перечень техногенных реально действующих опасностей значителен и насчитывает более 100 видов.

К распространенным и обладающим достаточно высокими уровнями относятся производственные опасности: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха в помещениях (температура, влажность, подвижность, давление), недостаточное и неправильно организованное искусственное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд, электрический ток, падающие предметы, высота, движущиеся машин и механизмов, части разрушающихся конструкций и др.

Классификация опасностей, которые могут возникнуть на рабочем месте изложены в ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда

ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. Классификация, согласно которому все факторы подразделяются на физические, химические, биологические и психофизиологические.

По виду негативного воздействия опасностей на объект защиты их принято делить на *вредные* и *опасные* факторы.

В ст. 209 ТК РФ [1] определены понятия вредный и опасный производственный фактор: вредный фактор — негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или развитию профессионального заболевания. Опасный фактор - негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Оптимальные условия труда – условия, при которых не только сохраняется здоровье работающих, но и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности.

По численности лиц, подверженных воздействию опасности, принято выделять *индивидуальные, групповые* и *массовые*.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Приложение

Задание №1. Используя ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда **ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. Классификация** [2] выявить и составить перечень опасных и вредных факторов на рабочем месте оператора автоматизированного комплекса, рабочее место которого оснащено компьютером и пультом управления с большим числом контрольно-измерительных приборов. Оператор постоянно с длительностью сосредоточенного наблюдения более 15% от времени смены обрабатывает информацию, внося коррективы в работу комплекса. При этом он несет полную ответственность за функциональное качество вспомогательных работ, а также за обеспечение непрерывного производственного процесса. Обеспечение последнего зависит от оперативного принятия управленческих решений. Помещение комплекса с пультом управления не имеет окон, в нем предусмотрена общеобменная вытяжная вентиляция.

Задание №2. Выявить и составить перечень опасных и вредных факторов на рабочем месте водителя грузового автомобиля. Перевозка бетона с асфальтобетонного завода в ремонтно-строительный цех. Техническое обслуживание и ремонт автомобиля. Заправка автомобиля топливом. Продолжительность смены составляет 12 часов.

Задание №3. Выявить и составить перечень опасных и вредных факторов на рабочем месте главного инженера завода. Рабочее место оснащено компьютером. Осуществляет комплексную оценку всей производственной деятельности завода. Главный инженер несет ответственность за функциональное качество конечной продукции, работы, здания.

Задание №4. Выявить и составить перечень опасных и вредных факторов на рабочем месте грузчика. Склад. Сортировка инструментов, материалов, запасных частей. Отсутствуют грузоподъемные механизмы. Работа осуществляется на открытом воздухе, в холодный период года.

Задание №5. Выявить и составить перечень опасных и вредных факторов на рабочем месте по своей специальности.

Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) ст.209
2. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. Классификация

РАССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНОГО СЛУЧАЯ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Несчастный случай (НС) на производстве – это событие, происшедшее с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя (в том числе с лицами, подлежащими обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний), при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя (его представителя), а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем, либо совершаемых в его интересах.

К лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя, помимо работников, исполняющих свои обязанности по трудовому договору, в частности, относятся:

- работники и другие лица, получающие образование в соответствии с ученическим договором;
- обучающиеся, проходящие производственную практику;
- лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями; лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду;
- лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно-полезных работ;
- члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

Согласно **ст.212 ТК РФ** [1] работодатель обязан обеспечить:

- расследование и учет в установленном законами и иными нормативными актами порядке несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- беспрепятственный допуск соответствующих должностных лиц государственных органов в целях проведения проверок условий и охраны труда и расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Пострадавшим в результате несчастного случая на производстве или от профессионального заболевания работникам должны быть выплачены денежные компенсации: пособие по временной нетрудоспособности; расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию.

Пособие по временной нетрудоспособности в результате несчастного случая на производстве ограничено максимальным пределом: не может быть больше четырех размеров ежемесячных страховых выплат (**п. 2 ст. 9 Федерального закона от 24 июля 1998 г. № 125-ФЗ**) [2].

Перед этим работодатель должен провести процедуру расследования и собрать для органов ФСС пакет документов.

Законодательно установленная процедура обязательного расследования обстоятельств и причин повреждений здоровья работников и других лиц, участвующих в производственной деятельности работодателя, при осуществлении ими действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем или исполнением его задания (рис.1).

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве установлен **ст. 227-231** Трудового кодекса РФ и Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденное постановлением Минтруда России от 24.10.2002 N 73 [3,4].



Рисунок 1 – порядок расследования несчастного случая на производстве

Обязанности работодателя при несчастном случае.

В силу **ст. 228 ТК РФ** [5] при НС работодатель (его представитель) обязан:

- немедленно организовать первую помощь пострадавшему и при необходимости доставку его в медицинскую организацию;
- принять неотложные меры по предотвращению развития аварийной или иной чрезвычайной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- сохранить до начала расследования НС обстановку, какой она была на момент происшествия, если это не угрожает жизни и здоровью других лиц и не ведет к катастрофе, аварии или возникновению иных чрезвычайных обстоятельств, а в случае невозможности ее сохранения – зафиксировать

сложившуюся обстановку (составить схемы, провести фотографирование или видеосъемку, другие мероприятия);

- немедленно проинформировать о НС органы и организации, указанные в ТК РФ, других федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации, а о тяжелом НС или НС со смертельным исходом – также родственников пострадавшего;
- принять иные необходимые меры по организации и обеспечению надлежащего и своевременного расследования НС и оформлению материалов расследования.

Согласно **ст.229 ТК РФ** [6] для расследования несчастного случая работодатель своим *приказом незамедлительно создает комиссию* в составе не менее трех человек:

- специалисты по охране труда,
- представители работодателя,
- представители профсоюзного органа.

Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченный им представитель.

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили легкие повреждения здоровья, проводится комиссией в течение 3 дней.

Расследование несчастного случая (в том числе группового), в результате которого один или несколько пострадавших получили тяжелые повреждения здоровья, либо несчастного случая (в том числе группового) со смертельным исходом проводится комиссией в течение 15 дней.

Сроки расследования несчастных случаев исчисляются в календарных днях, начиная со дня издания работодателем приказа об образовании комиссии по расследованию несчастного случая.

Комиссия на основании собранных на первоначальной стадии расследования несчастного случая документов и материалов:

- 1) Устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая.
- 2) Определяет, был ли пострадавший в момент несчастного случая связан с производственной деятельностью работодателя, и объяснялось ли его пребывание на месте происшествия исполнением им трудовых обязанностей.
- 3) Квалифицирует несчастный случай как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.
- 4) Определяет лиц, допустивших нарушения требований безопасности и охраны труда, законов и иных нормативных правовых актов.
- 5) Определяет меры по устранению причин и предупреждению несчастных случаев на производстве

Согласно ч. 3 ст. 229.2 ТК РФ материалы расследования включают:

- приказ (распоряжение) о создании комиссии;
- планы, эскизы, схемы, протокол осмотра места происшествия, а при необходимости — фото- и видеоматериалы;

- документы о состоянии рабочего места, наличии опасных и вредных производственных факторов;
- выписки из журналов регистрации инструктажей по охране труда и протоколов проверки знания пострадавшими требований охраны труда;
- протоколы опросов очевидцев несчастного случая и должностных лиц, объяснения пострадавших;
- экспертные заключения специалистов, результаты технических расчетов, лабораторных исследований и испытаний;
- медицинское заключение о характере и степени тяжести повреждения, причиненного здоровью пострадавшего, или причине его смерти, нахождении пострадавшего в момент несчастного случая в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения;
- копии документов, подтверждающих выдачу пострадавшему специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормами;
- выписки из ранее выданных работодателю и касающихся предмета расследования предписаний государственных инспекторов труда и должностных лиц территориального надзорного органа (если несчастный случай произошел в организации или на объекте, подконтрольных этому органу), а также выписки из представлений профсоюзных инспекторов труда об устранении выявленных нарушений требований охраны труда;
- другие документы по усмотрению комиссии.

На основании собранных материалов расследования комиссия:

1. устанавливает обстоятельства и причины несчастного случая,
2. устанавливает лиц, допустивших нарушения требований охраны труда,
3. вырабатывает предложения по устранению выявленных нарушений, причин несчастного случая и предупреждению аналогичных несчастных случаев,
4. определяет, были ли действия (бездействие) пострадавшего в момент несчастного случая обусловлены трудовыми отношениями с работодателем либо участием в его производственной деятельности,
5. решает вопрос о том, каким работодателем осуществляется учет несчастного случая (в необходимых случаях),
6. квалифицирует несчастный случай как несчастный случай на производстве или как несчастный случай, не связанный с производством.

У пострадавшего от несчастного случая на производстве следует выяснить:

Какую работу осуществлял пострадавший в момент несчастного случая. Кто и когда поручил выполнить данную работу пострадавшему. Когда приступил к выполнению данной работы. Какие инструменты и приспособления использовались. В каком положении и какой позе находился пострадавший в момент несчастного случая. В каком состоянии находилось оборудование, инструменты, приспособления перед несчастным случаем. Какое самочувствие было у

пострадавшего перед несчастным случаем. Когда, кто и как проводил обучение и инструктаж пострадавшего по безопасному производству работ. Какие средства индивидуальной защиты были у пострадавшего, и пользовался ли он ими при выполнении работы. Находился ли кто-либо из посторонних на рабочем месте. Соблюдал ли пострадавший требования безопасности производства работ и пр.

Расследованию подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя (его представителя), а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах (ч. 1 ст. 227 ТК РФ).

Расследованию в установленном порядке как несчастные случаи подлежат события, в результате которых пострадавшими были получены: (ч. 3 ст. 227 ТК РФ)

- телесные повреждения (травмы), в том числе нанесенные другим лицом;
- тепловой удар;
- ожог;
- обморожение;
- утопление;
- поражение электрическим током, молнией, излучением;
- укусы и другие телесные повреждения, нанесенные животными и насекомыми;
- повреждения вследствие взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств,
- иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием внешних факторов, повлекшие за собой необходимость перевода пострадавших на другую работу, временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших.

Как несчастные случаи, *не связанные с производством*, могут квалифицироваться: смерть вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденная медицинской организацией, органами следствия или судом; смерть или повреждение здоровья, единственной причиной которых явилось по заключению медицинской организации алкогольное, наркотическое или иное токсическое опьянение (отравление) пострадавшего; несчастный случай, происшедший при совершении пострадавшим преступления.

При условии, что указанные события произошли: ч. 3 ст. 227 ТК РФ

- в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

- при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем (его представителем), либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в производственных (служебных) целях по распоряжению работодателя (его представителя) или по соглашению сторон трудового договора;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя (его представителя) к месту выполнения работы (поручения) и обратно, в том числе пешком;

- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде, член бригады почтового вагона и другие);

- при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

- при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, в том числе действий, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

Если работодатель привлекает работников к работе без заключения трудового договора, то трудовой договор, не оформленный в письменной

форме, считается заключенным, если работник приступил к работе с ведома или по поручению работодателя или его представителя.

Одним из доказательств трудовых отношений может служить ведомость о начислении пострадавшему заработной платы. Из чего следует, что при получении работником травмы, установленный порядок расследования несчастных случаев распространяется на этих работников [7].

На основании **Приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 25.12.2012 № 625н Об утверждении классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска** [8] *НС по тяжести подразделяются следующим образом:*

- *легкий*, характеризующийся расстройством здоровья у пострадавшего с временной утратой трудоспособности;
- *тяжелый*, решение о тяжести принимается бюро медико-социальной экспертизы (МСЭ);
- *смертельный*, если пострадавший умирает на месте происшествия, либо в другом месте, при условии, что травма явилась причиной смерти.
- *групповой*, если пострадавших два и более человек;

Медицинское заключение выдается медицинской организацией, в которую впервые обратился за медицинской помощью пострадавший, по запросу организации или индивидуального предпринимателя.

Причины несчастных случаев на производстве

Причины технического характера:

- конструктивные недостатки и недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования;
- износ основных фондов машин и производственного оборудования;
- низкий технический уровень используемых технологий;
- несовершенство технологического процесса;
- эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования;
- неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории;
- конструктивные недостатки оградительных, предупредительных устройств защиты от травм;
- неисправность зданий, сооружений, их элементов, дорог и т. п.

Организационные причины (недостатки в организации обеспечения безопасного труда и проведении подготовки работников по охране труда):

- нарушение технологического процесса;
- нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств;
- нарушение правил дорожного движения;
- неудовлетворительная организация производства работ;
- неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест;
- условия труда, не соответствующие нормам;
- не проведение инструктажа по охране труда;
- не проведение обучения и проверки знаний по охране труда;
- не применение работником средств индивидуальной защиты, в том числе вследствие необеспеченности ими работодателем;
- не применение средств коллективной защиты;
- нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда, в том числе нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного, наркотического и иного токсического опьянения;
- использование пострадавшего не по специальности;
- недостаточное финансирование мероприятий по обеспечению безопасности и отсутствие социально-экономического механизма стимулирования;
- низкие производственная культура, социальная активность населения и профессиональная подготовка операторов, отсутствие надзора за производством работ;
- нарушения технологической и производственной дисциплины, неудовлетворительная организация труда;

- снижение ответственности, требовательности и контроля за соблюдением норм и правил по обеспечению безопасности на производстве;
- несоблюдение режимов труда, отдыха и недостаточное медицинское обслуживание работников;
- недостаточная степень развития нормативно-правовой базы, систем учета, отчетности, расследования и экспертизы аварий, сертификации и лицензирования технических средств.

Личностные причины:

- невнимательность;
- неосторожность;
- ошибочные действия.

Для устранения причин НС, сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности разрабатываются правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Обучение по охране труда

Обучение по охране труда предусматривает:

1. вводный инструктаж;
2. инструктаж на рабочем месте: первичный, повторный, внеплановый и целевой;
3. обучение работников рабочих профессий;
4. обучение руководителей и специалистов, а также обучение иных отдельных категорий, застрахованных в рамках системы обязательного социального страхования.

Вводный инструктаж проходят все принимаемые на работу лица, а также командированные в организацию работники и работники сторонних организаций. Инструктаж проводит инженер по охране труда.

Первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ (мастер, прораб, преподаватель), прошедший в установленном порядке обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят до начала самостоятельной работы:

- со всеми вновь принятыми в организацию работниками;
- с работниками организации, переведенными в установленном порядке из другого структурного подразделения, либо работниками, которым поручается выполнение новой для них работы;
- с командированными работниками сторонних организаций, обучающимися в образовательных учреждениях соответствующих уровней, проходящими производственную практику.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводят руководители структурных подразделений организации по программам, разработанным и утвержденным в установленном порядке в соответствии с требованиями законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда, локальных нормативных актов организации, инструкций по охране труда, технической и эксплуатационной документации.

Работников, не связанных с эксплуатацией, обслуживанием, испытанием, наладкой и ремонтом оборудования, использованием электрифицированного или иного инструмента, хранением и применением сырья и материалов, допускается освобождать от прохождения первичного инструктажа на рабочем месте. Перечень профессий и должностей работников, освобожденных от прохождения первичного инструктажа на рабочем месте, утверждает работодатель.

Повторный инструктаж проходят все работники не реже одного раза в 6 месяцев по программам, разработанным для проведения первичного инструктажа на рабочем месте.

Внеплановый инструктаж проводят:

- при введении в действие новых или изменении законодательных и иных нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда, а также инструкций по охране труда;
- при изменении технологических процессов, замене или модернизации оборудования, приспособлений и других факторов, влияющих на безопасность труда;
- при нарушении работниками требований охраны труда, если эти нарушения создали реальную угрозу наступления тяжких последствий (несчастный случай на производстве, авария и т. п.);
- по требованию должностных лиц органов государственного надзора и контроля;
- при перерывах в работе: для работ с вредными и (или) опасными условиями – более 30 календарных дней, а для остальных работ – более 2 месяцев;
- по решению работодателя.

Целевой инструктаж проводят при выполнении разовых работ, ликвидации последствий аварий, стихийных бедствий и работ, на которые оформляют наряд-допуск, разрешение или другие специальные документы, а также при проведении в организации массовых мероприятий.

Проведение инструктажей по охране труда включает в себя ознакомление работников с имеющимися опасными или вредными производственными факторами, изучение требований охраны труда, содержащихся в локальных нормативных актах организации, инструкциях по охране труда, технической, эксплуатационной документации, а также применение безопасных методов и приемов выполнения работ.

Инструктаж по охране труда завершается устной проверкой приобретенных работником знаний и навыков безопасных приемов работы лицом, проводившим инструктаж.

Проведение всех видов инструктажей регистрируют в соответствующих журналах проведения инструктажей (в установленных случаях – в наряде-допуске на производство работ) с указанием подписей инструктируемого и инструктирующего, а также даты проведения инструктажа.

Обучение работников рабочих профессий работодатель организует в течение месяца после приема на работу для лиц, поступивших на работу, а также лиц, переводимых на другую работу.

Работодатель обеспечивает обучение лиц, принимаемых на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, а в процессе трудовой деятельности – проведение периодического обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда. Работники рабочих профессий, впервые поступившие на указанные работы либо имеющие перерыв в работе по профессии (виду работ) более года, проходят обучение и проверку знаний требований охраны труда в течение первого месяца после назначения на эти работы.

Работодатель организует проведение периодического, не реже одного раза в год, обучения работников рабочих профессий по оказанию первой помощи пострадавшим. Вновь принимаемые на работу проходят обучение по оказанию первой помощи пострадавшим в сроки, установленные работодателем, но не позднее одного месяца после приема на работу.

Обучение руководителей и специалистов проводится в объеме должностных обязанностей при поступлении на работу в течение первого месяца, далее – по мере необходимости, но не реже одного раза в три года [9].

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Проведите анализ НС, описания которых приведены в табл. 3, при этом:

- 1) определите тип НС по характеру выполняемого действия
- 2) определите тяжесть НС
- 3) укажите состав комиссии и срок расследования
- 4) укажите причины НС
- б) предложите мероприятия по предупреждению подобных НС в будущем.
- 7) заполните акт о несчастном случае на производстве (форма Н-1), сообщение о последствиях несчастного случая и принятых мерах (форма 8)

При оформлении отчета используйте табл. 4.

Исходные данные к практическому занятию

Вариант	Описание несчастного случая
1.	<p>Рабочий механического цеха при обработке вала на шлицефрезерном полуавтоматическом станке, не дождавшись до конца цикла обработки детали автоматического останова станка, потянулся за инструментом, который обычно держал на делительной бабке станка, при этом не учел, что у станка нет ограждения рабочей зоны. В результате этого крепежный болт поводкового хомутика, который выступал примерно на 25 мм из корпуса оправки, зацепился за карман рабочей куртки, начал наматывать ее на вращающуюся деталь и увлек за собой рабочего. Станок был выключен подбежавшими рабочими, а пострадавшего доставили в больницу, где поставили диагноз: травма левой руки, перелом плечевой кости, шок IV стадии.</p> <p>Потеря трудоспособности – 80 дней</p>
2.	<p>При производстве работ по прокладке коммуникаций, из-за отсутствия перил на переходном мостике через траншею, рабочий поскользнулся после дождя на мостике и упал в траншею, получив повреждения кожного покрова (царапины и ссадины). После обращения в медпункт и оказания помощи возобновил работу.</p>
3.	<p>Мастер цеха, находясь в своем кабинете, курил сигарету. На нем была спецодежда из сукна. Вдруг распахнулась дверь, и вбежавший рабочий сообщил, что в одном из отделений цеха появился сильный запах серного эфира. Мастер начал гасить сигарету о стол, при этом крупинка горящего табака попала на суконную куртку, которая стала тлеть. Мастер вместе с рабочим побежал в отделение, где уже образовалась взрывоопасная смесь паров с воздухом. От тлеющей одежды произошел взрыв. Мастер и рабочий получили ожоги II степени с площадью поражения более 40%.</p> <p>Потеря трудоспособности – 85 и 70 дней</p>
4.	<p>В процессе исправления дефектов литья бригадир, необученный смежной профессии слесаря-сборщика и не проинструктированный по приемам безопасной работы, вытачивал трещину корпуса балансира ручной пневматической шлифовальной машинкой ИП-2015. Пневмошлифовальная машинка не была оборудована защитным кожухом. В процессе обработки шлифовальный круг разорвался и его осколок травмировал бригадира, в результате чего он получил ушиб головного мозга средней степени тяжести.</p> <p>Потеря трудоспособности – 42 дня</p>
5.	<p>После окончания покрасочных работ при отделке помещения столяр приступил к установке замков и фурнитуры. В результате отравления парами краски через 4 часа потерял сознание и был доставлен в отделение больницы с признаками отравления.</p>

	Через 3 дня был выписан из больницы
6.	<p>Водитель производил ремонт системы питания. Проверая работу бензонасоса, чтобы исключить попадание бензина на стартер, положил тряпку. После окончания ремонтных работ водитель завел автомобиль, произошло возгорание тряпки от двигателя. При тушении пожара водитель получил ожоги рук.</p> <p>Потеря трудоспособности – 48 дней</p>
7.	<p>Перед окраской кабины трактора проводилось обезжиривание внутренней поверхности каркаса кабины салфетками, смоченными растворителем. Растворитель находился в ведре внутри каркаса кабины. С места проведения электросварочных работ прилетела искра, от которой воспламенилась салфетка и пол кабины. При выходе из кабины маляр в спешке опрокинула ведро с растворителем, что привело к большому распространению пламени и загоранию спецодежды.</p> <p>В результате этого маляр получила ожоги III степени (65% кожного покрова) и умерла в больнице</p>
8.	<p>На токарном станке токарь выполнял обточку наружной поверхности заготовки. Обработка заготовки сопровождалась образованием сливной стружки. В технологический процесс обработки не были заложены способы придания стружке безопасной формы, поэтому во время обработки стружку наматало на резцедержатель. Станочник стал снимать стружку с резцедержателя при включенном оборудовании. В момент удаления стружки получил тяжелую травму лица, защитные устройства на станке отсутствовали.</p> <p>Потеря трудоспособности – 64 дня</p>
9.	<p>Доярка после побелки стен коровника на ферме решила перед уходом выстирать халат, в котором работала. В подсобном помещении, где был бетонный пол, она открыла кран и начала полоскать халат под сильной струей воды. На кран был надет резиновый шланг, вода попадала на корпус электронагревательной панели, которая находилась вблизи крана. В какой-то момент доярка случайно коснулась корпуса панели и была смертельно поражена электрическим током.</p> <p>Как выяснилось, электронагревательная панель с напряжением 220 В эксплуатировалась более 10 лет, в результате чего изоляция нагревательного элемента разрушилась и металлический корпус оказался под напряжением. На обогреватель в течение 4 месяцев поступали жалобы заведующему, но они остались без внимания</p>
10.	<p>Механик производил замену амортизатора на легковом автомобиле. Подняв автомобиль на нужную высоту с помощью домкрата, он подставил под корпус автомобиля шлакоблок, не подложив под колеса противооткатные башмаки. Затем снял домкрат и залез под автомобиль. Через 5 минут мимо проходил слесарь и случайно облокотился на автомобиль, в результате чего автомобиль покатился и шлакоблок, подпиравший его, упал. Механик был травмирован опустившимся автомобилем и доставлен в больницу с переломом ключицы, ребер и сильными ушибами.</p>

	Потеря трудоспособности – 80 дней
11.	<p>При монтаже наружных стеновых панелей на строительстве школы монтажник и сварщик приступили к установке их в проектное положение без использования распоров и упоров. В результате плохого крепления закладной детали в плите панель упала. Сварщик и монтажник с переломами доставлены в больницу, где пролежали 1,5 месяца.</p> <p>Им обоим установили инвалидность II-й группы</p>
12.	<p>При работе пресса отштампованная деталь застряла в матрице, которая по своей конструкции не обеспечивала выталкивание от-штампованной детали. Прессовщица не была обучена безопасным приемам выполнения операции, поэтому для продолжения работы она решила убрать деталь из штампа. При этом прессовщица случайно нажала на педаль включения пресса, т.к. ножная педаль не имела ограждения. В этот момент левая рука работницы была в опасной зоне, но отключения пресса не произошло в связи с отсутствием блокировки безопасности.</p> <p>В результате прессовщица получила травму руки (инвалидность II-й группы)</p>
13.	<p>Водитель, работая на линии на закрепленном за ним автобусе, заехал на территорию ПАТП, чтобы долить воды в радиатор. При открытии пробки радиатора произошел выброс пара. Водитель получил ожог лица, грудной клетки и живота.</p> <p>Потеря трудоспособности – 42 дня</p>
14.	<p>В цехе химического предприятия ремонтировали трубопровод с применением ацетиленовой сварки. В отделении, где проводились работы, было несколько емкостей с моногидратом серной кислоты и свободная емкость с открытым штуцером. В свободной емкости, которая не эксплуатировалась в течение нескольких лет, раньше тоже хранился моногидрат. Чтобы было удобнее сваривать ремонтируемый трубопровод, сварщик встал на эту емкость. Во время сварки искра через открытый штуцер на крышке попала в емкость. Раздался взрыв, сорвало крышку, на которой стоял сварщик. Он получил черепно-мозговую травму, от которой скончался в больнице</p>
15.	<p>Во время работы по демонтажу лесов из двери первого этажа строящегося здания, находившегося в зоне разбираемого участка лесов, вышел монтажник и был травмирован отлетевшей деревянной доской. Работник был доставлен в больницу с вывихом плеча.</p> <p>Потеря трудоспособности – 10 дней</p>
16.	<p>Водитель привез на закрепленном за ним автомобиле лесоматериал на строительный участок. Грузчики были заняты разгрузкой других машин. Водитель решил ускорить разгрузку леса и при снятии стяжек был травмирован лесоматериалом, покотившимся из кузова.</p> <p>Потеря трудоспособности – 16 дней</p>
17.	<p>При проведении отделочных работ на строительстве жилого здания штукатур, запнувшись за дефект в рабочем настиле лесов, не имеющих ограждение, упал с высоты 2,5 м. В результате падения получил открытый перелом бедренной кости и множественные ушибы.</p>

	Потеря трудоспособности – 50 дней
18.	<p>Емкость вместимостью 2 м³, без предупреждения других служб, продули азотом. Через 1–2 ч в эту емкость для технического обслуживания приборов вошел слесарь. Хотя высота емкости была всего лишь 1,8 м, и в верхней части имелся открытый люк, слесарь стал терять силы. Через 5 минут пришел мастер, чтобы посмотреть, как продвигается работа. Увидев, что слесарь лежит на дне емкости, мастер спустился, чтобы оказать ему помощь, но как только нагнулся, почувствовал слабость. Пришедший через 5 минут другой слесарь вызвал спасательную бригаду. Рабочий и мастер получили сильное отравление азотом.</p> <p>Потеря трудоспособности – 32 дня и 40 дней</p>
19.	<p>На комбинат прибыла машина с кабелем. Инженер-технолог внешних поставок пошел к кладовщику оформить документы и, проходя мимо комнаты отдыха грузчиков, распорядился срочно разгрузить машину. Грузчики подогнали машину к рампе в промежуток между площадками механизированной разгрузки и, не дожидаясь крановщиков, вручную, выкатили катушку с кабелем. Пытаясь развернуть катушку, чтобы вкатить ее на склад, грузчики не смогли удержать ее при развороте. Катушка весом 500 кг покатила вниз. От испуга один из грузчиков оступился и упал с рампы на бетонный пол.</p> <p>Врачи определили у грузчика перелом основания черепа. Ему установлена III группа инвалидности</p>
20.	<p>В газораспределительной организации рабочий зашел в кладовую ГНС внутри производственного помещения. В кладовой не было света. В темноте он случайно задел рукой стоящую на полке банку с остатками какой-то жидкости и опрокинул ее. Он зажег спичку, чтобы посмотреть, что он пролил. Тут же произошла вспышка. Рабочий получил ожоги лица и волосистой части головы. При расследовании установлено, что в банке было около 150 граммов черной краски, разведенной в бензоле, который является легковоспламеняющейся жидкостью.</p> <p>Потеря трудоспособности – 48 дней</p>
21.	<p>На комбинате по разработке угольного месторождения в кабине электровоза находился 18-летний помощник машиниста. После отключения левого бокового пантографа ведущей машины от контактной сети в момент установки его в транспортное положение помощник, высунувшись из кабины, сделал попытку довести пантограф до крайнего положения рукой. В момент подключения центрального пантографа к контактной сети помощник попал под напряжение и получил электротравму. Увидев своего помощника в бессознательном состоянии, машинист тотчас выключил пантограф, подбежал к нему и втащил в кабину. Помощник машиниста скончался, не приходя в сознание</p>
22.	<p>Экскаватор находился на аварийном ремонте. Питающий кабель экскаватора был отключен от карьерной распределительной сети. Через 2 часа для освещения места ремонтных работ вблизи экскаватора по указанию начальника участка подключили кабель экскаватора к высоковольтной линии электропередачи (6 кВ). При обходе участка после ремонтных работ мастер</p>

	<p>не проверил состояние экскаватора и, не обратив внимания, что он подключен к сети, направил рабочего для чистки токоприемных колец. В этот момент линия питания экскаваторов была отключена для перецепки кабеля на другом экскаваторе, а когда перецепка завершилась, мастер, не проверив состояние линии, дал команду на включение.</p> <p>В момент подачи напряжения рабочий был смертельно поражен электротоком</p>
23.	<p>На работах по отделке здания практикант, не пройдя инструктажа, выполнял отделочные работы, пользуясь при этом приставной лестницей. При неосторожном движении лестница покачнулась и опрокинулась. Практикант упал и ударился головой об элемент ограждения, в результате чего получил ушиб головного мозга.</p> <p>Потеря трудоспособности 85 дней</p>
24.	<p>На угольном месторождении в кабине экскаватора в присутствии главного механика электросварщик производил сварку рычага. Для предотвращения возгорания пол кабины экскаватора был очищен от смазочных материалов и посыпан песком и золой. В полу имелось отверстие диаметром 30 мм, которое не было закрыто. При ведении электросварочных работ через указанное отверстие на базу экскаватора попали искры, от которых воспламенилось масло, находившее на внутренней поверхности базы экскаватора. При тушении пожара механик, взяв от сварщика совок с песком, просунул руку для забрасывания песка непосредственно на очаг пожара и при этом коснулся токоприемного кольца, находившегося под напряжением 3000 В. Оказание первой помощи результатов не дало. Механик скончался</p>

Таблица 4

Форма представления отчета

Тип НС по характеру выполняемого действия и тяжести	Состав комиссии, срок расследования	Причины НС	Мероприятия по предупреждению	№ и название нормативно-технической документации	Извлечения из нормативно-технической документации

Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) ст.212
2. Федеральный закон от 24 июля 1998 г. N 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" (с изменениями и дополнениями)
3. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) ст.227-231
4. Постановление Минтруда России от 24.10.2002 N 73 (ред. от 14.11.2016) "Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях"
5. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) ст.228
6. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) ст.229
7. Петросянц, Э.В. Экономика охраны труда: учебное пособие / Э.В. Петросянц, Г.А. Кузнецов.. – М.: ИИЦ Альфа-Композит, 2001. – 152 с.
8. Приказ Минтруда России от 30.12.2016 N 851н "Об утверждении Классификации видов экономической деятельности по классам профессионального риска" (Зарегистрировано в Минюсте России 18.01.2017 N 45279)
9. ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Воздухообмен – это гигиенический показатель качества системы вентиляции закрытого помещения, выраженный объемом воздуха, подаваемого в помещение или удаляемого из него, в единицу времени (обычно в кубических метрах за 1 ч).

Обеспечивается системами общеобменной вентиляции, системами кондиционирования воздуха или через открытые аэрационные проемы (аэрационные фонари и вытяжные шахты промышленных предприятий, форточки и оконные фрамуги жилых и общественных зданий) с целью удаления из помещений вредных выделений и создания в них допустимых по нормам параметров воздуха.

Кратность воздухообмена характеризует скорость, с которой воздух сменяется в помещении. В системах вентиляции принято рассчитывать сменяемость воздуха в течение одного часа. Таким образом, кратность воздухообмена в помещении показывает, сколько раз воздух полностью сменился в помещении за час.

Воздухообмен в производственных помещениях необходим для очистки воздуха от вредных веществ: для удаления вредных веществ (выделяющихся вредных газов, паров и пыли); для удаления излишних водяных паров; для удаления избыточного тепла.

В данных указаниях рассматривается расчет требуемого воздухообмена (L м³/ч), для очистки воздуха от вредных газов и паров и для удаления избыточного тепла с помощью механической общеобменной вентиляции.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

В помещении объемом V работают n человек со средней производительностью a каждый. Они производят покраску и шпаклевку изделий нитро-(на основе ацетона) красками, эмалями и шпаклевками, для чего используется ручное и механизированное оборудование. В этом же помещении производится пайка N контактов припоем ПОС-60. Источники тепловыделения – оборудование мощностью $P_{ном}$ и осветительная сеть мощностью $P_{осв}$ из люминесцентных ламп. Расчеты вести для холодного периода года. Помещение имеет K окон направленных на север размерами $2,5 \times 1,75$ м с двойным остеклением и деревянными рамами. Категория работ – III (тяжелая).

Рассчитать требуемый воздухообмен и определить кратность воздухообмена для:

- 1) испарений растворителей и лаков;
- 2) при пайке припоем ПОС-60;
- 3) удаления выделяемой людьми углекислоты;
- 4) удаления избыточного тепла

1. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L = \frac{G \cdot 1000}{x_v - x_n}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1)$$

где: L , $\text{м}^3/\text{ч}$ - потребный воздухообмен;
 G , $\text{г}/\text{ч}$ - количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения;
 x_v , $\text{мг}/\text{м}^3$ - предельно допустимая концентрация вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно **ГОСТ 12.1.005-88** [1];
 x_n , $\text{мг}/\text{м}^3$ - максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по таблице 5, согласно **СанПиН 1.2.3685-21** [3].

Применяется также понятие кратности воздухообмена (n), которая показывает сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Значение $n < \lambda$ может быть достигнуто естественным воздухообменом без устройства механической вентиляции.

Кратность воздухообмена определяется по формуле:

$$n = L/V_n, \text{ ч}^{-1} \quad (2)$$

где: V_n - внутренний объем помещения, м^3 .

Согласно **СП 2.2.3670-20** [3], кратность воздухообмена $n > 10$ недопустимо.

Так как x_n определяется по таблице 5 (см. приложение), а x_v по таблице 6; то для расчета потребного воздухообмена необходимо в каждом случае определять количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения.

Рассмотрим отдельные характерные случаи выделения вредных веществ в воздух помещения и определения потребного воздухообмена.

1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ИСПАРЕНИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И ЛАКОВ

Испарение растворителей и лаков обычно происходит при покраске различных изделий. Количество летучих растворителей, выделяющихся в воздух помещений можно определить по следующей формуле:

$$G = \frac{a \cdot A \cdot m \cdot n}{100}, \text{ г}/\text{ч} \quad (4)$$

где: a , $\text{м}^2/\text{ч}$ - средняя производительность по покраске одного рабочего, составляющая при ручной покраске кистью, $a=12 \text{ м}^2/\text{ч}$; пульверизатором; $a=50 \text{ м}^2/\text{ч}$
 A , $\text{г}/\text{м}^2$ - расход лакокрасочных материалов;

m , % - процент летучих растворителей, содержащихся в лакокрасочных материалах;

n - число рабочих, одновременно занятых на покраске.

Численные значения величин A и m определяются по таблице 7. Приложения

Пример:

Определить количество выделяющихся в воздух помещения летучих растворителей.

По таблице 7 для цветного аэролака при окраске распылением:

$$A = 180 \text{ г/м}^2, m = 75 \%$$

$$G = 50 \cdot 180 \cdot 75 \cdot 2 / 100 = 13500 \text{ г/ч}$$

Определяем потребный воздухообмен в помещении по (4):

- для ацетона находим из таблиц 5 и 6 Приложения

$$X_v = 200 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_n = 0,35 \text{ мг/м}^3;$$

$$L = 13500 \cdot 1000 / (200 - 0,35) = 67500 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{О т в е т: } L = 67500 \text{ м}^3/\text{ч} .$$

1.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ПАЙКЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

Пайка осуществляется свинцово-оловянным припоем ПОС-60, который содержит $C = 0,4$ доли объема свинца и 60 % олова. Наиболее ядовиты аэрозоли (пары) свинца.

В процессе пайки из припоя испаряется до $B = 0,1\%$ свинца, а на 1 пайку расходуется 10 мг припоя. При числе паяк - N , количество выделяемых паров свинца определяется как:

$$G = c \cdot B \cdot N, \text{ мг/ч} \quad (5)$$

Пример

В помещении объемом $V_{п} = 1050 \text{ м}^3$ три человека осуществляют пайку припоем ПОС-40 с производительностью по 100 контактов в час. Найти требуемую кратность воздухообмена.

По (5) определяем количество аэрозолей свинца, выделяемых в воздух:

$$G = 0,6 \cdot 0,001 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 3 = 1,8 \text{ мг/ч}$$

Определяем потребный воздухообмен:

- для свинца и его соединений находим из таблиц 5 и 6, Приложения:

$$X_v = 0,01 \text{ мг/м}^3;$$

$$X_n = 0,001 \text{ мг/м}^3;$$

$$L = 1,8 / (0,01 - 0,001) = 200,0 \text{ м}^3/\text{час},$$

$$\text{О т в е т: } L = 185,5 \text{ м}^3/\text{час},$$

1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА В ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

В жилых и общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемая людьми углекислота (CO_2). Определение потребного

воздухообмена производится по количеству углекислоты, выделяемой человеком и по допустимой ее концентрации.

Количество углекислоты в зависимости от возраста человека и выполняемой работы, а также допустимые концентрации углекислоты для различных помещений приведены в таблицах 7 и 8.

Содержание углекислоты в атмосферном воздухе можно определить по химическому составу воздуха. Однако, учитывая повышенное содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов, следует принимать при расчете содержание CO₂:

- для сельских населенных пунктов - 650 мг/м³
- для малых городов (до 300 тыс. жителей) - 800 мг/м³
- для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) - 1000 мг/м³

ПДК CO₂ в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м³

П р и м е р

Определить требуемую кратность воздухообмена в помещении, где работают 2 человека.

Решение:

1. По таблице 8 определяем количество CO₂, выделяемой одним человеком $g = 68$ г/ч.

Тогда $X_v = 9000$ мг/м³ и содержание CO₂ в наружном воздухе для больших городов принимаем: 1000 мг/м³

Определяем требуемый воздухообмен:

$$L = 68 \cdot 2 \cdot 1000 / (9000 - 1000) = 17 \text{ м}^3/\text{ч}$$

О т в е т: 17 м³/ч

1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ГАЗОВ (ПАРОВ) ЧЕРЕЗ НЕПЛОТНОСТИ АППАРАТУРЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Производственная аппаратура, работающая под давлением, как правило, не является вполне герметичной. Степень герметичности аппаратуры уменьшается по мере ее износа.

Считая, просачивание газов через неплотности подчиняется тем же законам, что и истечение через небольшие отверстия, и предполагая, что истечение происходит адиабатически, количество газов просачившихся через неплотности можно определить по формуле:

$$G = k \cdot c \cdot v \cdot \sqrt{\frac{M}{T}}, \text{ кг/ч} \quad (6)$$

где, k - коэффициент, учитывающий повышение утечки от износа оборудования ($k=1-2$);

c - коэффициент, учитывающий влияние давление газа в аппарате:

Давление, атм	до 2	2	7	17	41	161
c	0,121	0,166	0,182	0,189	0,25	0,29

v - внутренний объем аппаратуры и трубопроводов, находящихся под давлением, м³;

M - молекулярный вес газов, находящихся в аппаратуре;

T - абсолютная температура газов в аппаратуре, К.

Пример:

Система, состоящая из аппаратов и трубопроводов, заполнена сероводородом. Рабочее давление в аппаратуре $p_a = 3$ атм, а в проводящих трубопроводах $p_a = 4$ атм.

Внутренний объем аппаратуры $v_a = 5$ м³, объем трубопроводов, $v_{тр} = 1,2$ м³. Температура газа в аппаратуре - $t_{тр} = 120$ °С, в трубопроводе - $t_{тр} = 25$ °С.

Определить потребный воздухообмен в помещении.

Решение:

Определяем величины утечек сероводорода (H_2S) из аппаратуры и трубопроводов.

Принимаем $k = 1,5$; $c = 0,169$ (по таблице); $M = 34$, для H_2S ;

Утечка газа из аппаратуры составляет:

$$G_a = 1,5 \cdot 0,169 \cdot 5 \cdot \sqrt{\frac{34}{393}} = 0,372 \text{ кг/ч}$$

Утечка газа из трубопроводов составляет:

$$G_{мп} = 1,5 \cdot 0,172 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{\frac{34}{298}} = 0,104 \text{ кг/ч}$$

$$G = G_a + G_{мп} = 0,372 + 0,104 = 0,476 \text{ кг/ч} = 476 \text{ г/ч}$$

Используя данные таблицы 1 Приложения, находим:

- для сероводорода находим: $X_b = 10$ мг/м³; $X_n = 0,008$ мг/м³;

Потребный воздухообмен:

$$L = 476 \cdot 1000 / (10 - 0,008) = 47638,1 \text{ м}^3/\text{час}$$

О т в е т: $L = 47638,1$ м³/час

Вывод: В воздух помещения одновременно могут выделяться несколько вредных веществ, которые по действию на организм человека могут быть однонаправленными и разнонаправленными. Для однонаправленных веществ расчетные значения потребного воздухообмена суммируются, а для разнонаправленных веществ выбирается наибольшее значение потребного воздухообмена.

Пример:

Для первой вредности в воздухе рабочей зоны - вредных (токсичны) веществ в рассмотренных примерах все они относятся к веществам разнонаправленного действия, поэтому принимаем к дальнейшему расчету максимальное из полученных значений, т.е. $L = 67500$ м³/ч (потребный воздухообмен для паров растворителей при окраске).

Для проверки соответствия требованиям устройства вентиляции определим кратность воздухообмена, $n = 67500/4800 = 14,1$ ч⁻¹.

Данное значение превышает установленную величину - 10 ч⁻¹, поэтому необходимо принять дополнительное решение по устройству вентиляции в

помещении. Например, таким решением может быть исключение распространения от двух мест окраски растворителей по всему помещению за счет применения местной вытяжной вентиляции.

Расчет объема воздуха удаляемого местной вентиляцией определяется по

$$L_{mv} = F * v * 3600, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

формуле:

где, F – площадь сечения всасывающих отверстий, м^2 ;

v – скорость воздуха в сечении вытяжной вентиляции, м/с . Рекомендуется принимать значение скорости в интервале $0,8 - 1,5 \text{ м/с}$.

Таким образом, требуемый воздухообмен для оставшихся вредных веществ принимаем для выделений сероводорода:

$$L = 47638,1 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Проверка:

$$n = 47638,1/4800 = 9,9 \text{ ч}^{-1}.$$

2. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОГО ТЕПЛА

Расчет требуемого воздухообмена для удаления избыточного тепла производится по формуле :

$$L = \frac{Q_{изб}}{\gamma \cdot c \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

где : L , $\text{м}^3/\text{ч}$ - требуемый воздухообмен; $Q_{изб}$, ккал/ч - избыточное тепло; $\gamma_v = 1.206 \text{ кг/м}^3$ - удельная масса приточного воздуха; $c_v = 0,24 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$ - теплоемкость воздуха;

$$\Delta t = t_{\text{вых}} - t_{\text{пр}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

где : $t_{\text{вых}}$, $^\circ\text{C}$ - температура удаляемого воздуха; $t_{\text{пр}}$, $^\circ\text{C}$ - температура приточного воздуха;

Величина Δt при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха – Q_n : при $Q_n \leq 20 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ $\Delta t = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$;

при $Q_n > 20 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ $\Delta t = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$;

$$Q_n = \frac{Q_{изб}}{V_{\text{п}}}, \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч}) \quad (9)$$

где $V_{\text{п}}$, м^3 - внутренний объем помещения.

Таким образом, для определения требуемого воздухообмена необходимо определить количество избыточного тепла по формуле :

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{р} - Q_{отд}, \text{ ккал/ч} \quad (10)$$

где: $Q_{об}$, ккал/ч - тепло, выделяемое оборудованием;

$Q_{осв}$, ккал/ч - тепло, выделяемое системой освещения;
 $Q_{л}$, ккал/ч - тепло, выделяемое людьми в помещении;
 $Q_{р}$, ккал/ч - тепло, вносимое за счет солнечной радиации;
 $Q_{отд}$, ккал/ч - теплоотдача естественным путем.

Определяем количество тепла, выделяемого оборудованием

$$Q_{об} = 860 \cdot P_{об} \cdot Y1, \text{ ккал/ч} \quad (11)$$

где: $Y1$ - коэффициент перехода тепла в помещение, зависящий от вида оборудования;

$P_{об}$, кВт - мощность, потребляемая оборудованием;

$$P_{об} = P_{ном} \cdot Y2 \cdot Y3 \cdot Y4, \text{ кВт} \quad (12)$$

где: $P_{ном}$, кВт - номинальная (установленная) мощность электрооборудования помещения;

$Y2$ - коэффициент использования установленной мощности, учитывающий превышение номинальной мощности над фактически необходимой;

$Y3$ - коэффициент загрузки, т.е. отношение величины среднего потребления мощности (во времени) к максимально необходимой;

$Y4$ - коэффициент одновременности работы оборудования.

При ориентировочных расчетах произведение всех четырех коэффициентов можно принимать равным

$$Y1 \cdot Y2 \cdot Y3 \cdot Y4 = 0,25 \quad (13)$$

Определяем количество тепла, выделяемого системой освещения

$$Q_{осв} = 860 \cdot P_{осв} \cdot \alpha \cdot b \cdot \cos(\varphi), \text{ ккал/ч} \quad (14)$$

где: α - коэф.перевода электрической энергии в тепловую,

лампы накаливания $\alpha = 0,92 - 0,97$,

люминесцентные лампы $\alpha = 0,46 - 0,48$;

b - коэффициент одновременности работы (при работе всех светильников $b = 1$);

$\cos(\varphi) = 0,7 - 0,8$ - коэффициент мощности;

$P_{осв}$, кВт - мощность осветительной установки.

Определяем количество тепла, выделяемого находящимися в помещении людьми

$$Q_{л} = N \cdot q_{л}, \text{ ккал/ч} \quad (15)$$

где: N - количество людей в помещении

$q_{л}$, ккал/ч - тепловыделения одного человека (таблица 6)

Определяем количество тепла, вносимого за счет солнечной радиации

$$Q_{р} = M \cdot S \cdot q_{ост}, \text{ ккал/ч} \quad (16)$$

где: M - количество окон

S , м² - площадь одного окна

$q_{ост}$, ккал/ч - солнечная радиация через остекленную поверхность (табл.10)

Определяем теплоотдачу, происходящую естественным путем

Если нет дополнительных условий, то можно считать ориентировочно,

что $Q_{отд} = Q_p$ для холодного и переходного периодов года (среднесуточная температура наружного воздуха ниже $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для теплого периода года (среднесуточная температура воздуха выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$) принимаем $Q_{отд} = 0$.

Общий вывод:

Среди полученных расчетных значений потребного воздухообмена максимальный воздухообмен необходим для удаления паров летучих веществ.

Приложение

Рассчитать потребный воздухообмен и определить кратность воздухообмена согласно номеру своего варианта.

Таблица

Исходные данные к практическому заданию

№ вар.	a , м ² /ч	Материал	n чел.	V м ³	N шт/час	Местность	$P_{ном.}$ кВт	$P_{осв.}$ кВт	m окон
1	2	Бесцветный	1	100	40	Сельские	10	0,5	2
2	1,5	аэролак,	2	200	35	населенные	20	0,5	3
3	1	окраска	3	300	400	пункты	30	1	4
4	2	кистью	4	400	45	Малые	40	1	5
5	3	Цветной	1	500	305	города	200	1	6
6	4	аэролак,	1	600	48		150	1,5	6
7	3,5	окраска	1	700	450	Большие	200	1	6
8	5	механизир.	1	800	480	города	100	2	8
9	0,2	Шпаклевка	3	80	325		10	0,5	2
10	0,3	кистью	4	200	420	Сельские	20	1	4
11	1,5	Шпаклевка	1	200	250	населенные	30	1	3
12	1	механизир,	2	300	450	пункты	40	1,5	4
13	0,8	Бесцветный	1	150	300	Малые	50	0,6	2
14	1	аэролак,	2	150	48	города	60	0,8	3
15	1,2	окраска	1	120	335		70	1	2
16	0,7	кистью	2	200	400	Большие	80	1,2	4
17	2	Цветной	1	200	280	города	90	0,6	4
18	2,5	аэролак,	2	400	480		100	0,8	6
19	2,2	окраска	1	400	290	Сельские	150	1,2	8
20	1,8	механизир.	2	600	300	населенные	200	1,5	8
21	0,3	Шпаклевка	1	80	200	пункты	250	0,5	I
22	0,4	кистью	2	100	250	Малые	300	0,6	2
23	1	Шпаклевка	1	150	242	города	60	1	2
24	1	механизир.	2	400	440	Большие	80	1	3
25	1,5	Шпаклевка	1	100	270	города	100	1,2	4
26	2	кистью	3	200	180		150	0,5	6

Таблица 5

*Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном
воздухе населенных мест (СанПиН 1.2.3685-21)*

Наименование вредных веществ	ПДКм.р., мг/м ³	ПДКс.с., мг/м ³	Агрегатное состояние
Азота диоксид	0,085	0,04	п
Азота оксид	0,6	0,06	п
Акролеин	0,03	0,03	п
Амилацетат	0,10	0,10	п
Аммиак	0,2	0,04	п
Ацетон	0,35	0,35	п
Бензин (углеводороды)	5,0	1,5	п
Бензол	1,5	0,1	п
Бутан	200	-	п
Бутилацетат	0,1	0,1	п
Винилацетат	0,15	0,15	п
Дихлорэтан	3,0	1,0	п
Ксилол	0,2	0,2	п
Марганец и его соединения	0,01	0,001	а
Метилацетат	0,07	0,07	п
Мышьяк и его неорг. соединения	-	0,003	а
Озон	0,16	0,03	п
Пыль (кремнесодержащая - более 70 %)	0,15	0,05	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного дейст-я)	0,5	0,15	а
Ртут хлорид (сулема)	-	0,003	а
Сажа	0,15	0,05	а
Свинец и его соединения	0,001	0,0003	а
Серная кислота	0,3	0,1	а
Сернистый ангидрид	0,5	0,15	п
Сероводород	0,008	-	п
Серовуглерод	0,03	0,005	п
Спирт бутиловый	0,16	-	п
Спирт изобутиловый	0,1	0,1	п
Спирт метиловый	1,0	0,5	п
Спирт этиловый	5	5	п
Стирол	0,04	0,002	п
Толуол	0,6	0,6	п
Углерода оксид	5,0	3,0	п
Фенол	0,01	0,003	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,02	0,005	п
Хлор	0,1	0,03	п
Хлористый водород	0,2	0,2	п
Этилацетат	0,1	0,1	п

Примечание:

п - пары и/или газы;

а - аэрозоль

Таблица 6

Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вредных веществ	ПДК., мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2 к	п
Бутан	300	4	п
Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая - более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртут хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п
Серовуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

Примечание: значение в числителе - максимально разовые; в знаменателе - среднесменные

Таблица 7

Расходы лакокрасочных материалов на один слой покрытия изделий и содержание в них летучих растворителей

Наименование лакокрасочных материалов/способ нанесения краски	Расход лакокрасочных материалов (А, г/м ²)	Содержание летучей части (m, %)
Нитролаки и краски		
Бесцветный аэролак /кистью	200	92
Цветные аэролаки / распыление пульверизатором	180	75
Нитрошпаклевка /кистью	100-180	10-35
Нитроклей /кистью	160	80-85
Масляные лаки и эмали		
Окраска распылением	60-90	35

Таблица 8

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество СО ₂	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые:		
при физической работе	45	68
при легкой работе (в учреждениях)	23	35
в состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Таблица 9

Количество тепловыделений одним человеком при различной работе

Категория тяжести	работы	Количество тепловыделений q _л , ккал/ч в зависимости от окружающей температуры воздуха			
		15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
Легкая	I	100	70	50	30
Средней тяжести	II-а	100	70	60	30
	II-б	110	80	70	35
Тяжелая	III	110	80	80	35

Таблица 10

Солнечная радиация через остекленную поверхность

Солнечная радиация через остекленную поверхность

Тип остекле- ния/окон	Солнечная радиация, $q_{ост}$, ккал/ч от стороны света и широты, град.															
	ЮГ				ЮГО-ВОСТОК ЮГО-ЗАПАД				ВОСТОК ЗАПАД				СЕВЕР, СЕВЕР. ВОСТОК СЕВЕРО-ЗАПАД			
	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65	35	45	55	65
Окна с двойным остеклением и деревянными рамами	110	125	125	145	85	110	125	145	125	125	145	145	65	65	65	60
Окна с двойным остеклением и металлическими рамами	140	160	160	180	110	140	160	180	160	160	180	180	80	80	80	70
Фонарь с двойным остеклением и металлическими переплет.	130	130	160	170	110	140	170	170	160	160	180	180	85	85	85	70

Литература

1. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
2. СанПиН 1.2.3685-21 Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
3. СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда"

РАСЧЕТ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРИТЕЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

1. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учётом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Применение одного местного освещения на рабочих местах не допускается.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение [4].

2. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. По спектральному составу видимого света различают лампы дневной (ЛД), холодно-белой (ЛХБ), тепло-белой (ЛТБ) и белой цветности (ЛБ). Наиболее широко применяются лампы типа ЛБ. При повышенных требованиях к передаче цветов освещением применяются лампы типа ЛХБ, ЛД. Лампа типа ЛТБ применяется для правильной цветопередачи человеческого лица. Характеристики люминесцентных ламп приведены в табл. 11 [5].

Энергосберегающие (компактные люминесцентные) лампы обладают такими достоинствами как небольшие габариты, возможность включения электрическую сеть через обычный патрон, хорошая светопередача, высокая световая отдача,

длительный срок службы. Характеристики некоторых компактных люминесцентных ламп приведены в табл. 12.

Таблица 11

Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
15	127	700	820	835	850
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850
65	220	3750	4400	4600	4600
80	220	4250	5000	5200	5200
125	220	-	8000	-	8150

Таблица 12

Основные характеристики энергосберегающих ламп Navigator серии NCL

Тип лампы	Номинальная мощность,	Световой поток, лм
NCL-2U-09-827-E27	9	560
NCL-2U-11-827-E27	11	700
NCL-2U-15-827-E27	15	1000
NCL-3U-20-827-E27	20	1300
NCL-4U-25-827-E27	25	1600
NCL-4U-30-827-E27	30	1800
NCL-4U-45-840-E27	45	2700
NCL-4U-55-840-E27	55	3150
NCL-6U-85-840-E40	85	4660
NCL-6U-105-840-E40	105	5880

Для производственного освещения высоких помещений (6–10 м) рекомендуется использовать газоразрядные лампы высокого давления, например, лампы ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные) и др. Основные характеристики ламп ДРЛ, наиболее широко используемых для производственного освещения, приведены в табл. 13.

Таблица 13

Основные характеристики ламп ДРЛ

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм
ДРЛ125	125	6000
ДРЛ 250	250	13000
ДРЛ 400	400	23000
ДРЛ 700	700	39000
ДРЛ 1000	1000	55000

Использование ламп накаливания допускается при производстве грубых работ или осуществлении общего надзора за эксплуатацией оборудования, особенно если эти помещения не предназначены для пребывания людей, а также в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения газоразрядных ламп. Во взрыво- и пожароопасных помещениях, сырых, пыльных, с химически активной средой, там, где температура воздуха может быть менее +10 °С и напряжение в сети падает ниже 90 % от номинального, следует отдавать предпочтение лампам накаливания. Характеристики ламп накаливания приведены в табл. 14 [6].

Таблица 14

Основные характеристики ламп накаливания

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм
B215-225-15-1	15	120
B215-225-25	25	220
B215-225-40-1	40	430
B215-225-60-1	60	730
B215-225-75-1	75	960
B215-225-100-1	100	1380
B215-225-150	150	2220
B215-225-200	200	3150
Г215-225-300-2	300	4850
Г215-225-500-1	500	8400
Г215-225-750	750	13100
Г215-225-1000-2	1000	18800

Светодиодные источники света обладают рядом преимуществ по сравнению с люминесцентными лампами и лампами накаливания: малое энергопотребление, высокая световая отдача (до 120 лм/Вт), большой срок службы (до 80 тыс. ч), безопасность, прочность, экологичность и др., благодаря которым они находят все большее применение для освещения общественных и производственных помещений. Основные характеристики светодиодных ламп E27 (аналогов ламп накаливания), предназначенных для установки в светильники общего назначения, приведены в табл. 15.

Таблица 15

Основные характеристики светодиодных ламп LED-A60 серии Standard

Тип лампы	Номинальная мощность, Вт	Световой поток, лм
LED-A60 5 Вт	5	400
LED-A60 7 Вт	7	600
LED-A60 11 Вт	11	900
LED-A60 15 Вт	15	1200

3. ВЫБОР СВЕТИЛЬНИКОВ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды [2].

Наиболее распространёнными типами светильников для люминесцентных ламп являются:

- Открытые двухламповые светильники типа ОД, ОДОР, ШОД, ОДО, ООД – для нормальных помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной влажности и запылённости.

- Светильник ПВЛ – является пылевлагозащищённым, пригоден для некоторых пожароопасных помещений: мощность ламп 2×40Вт.

- Плафоны потолочные для общего освещения закрытых сухих помещений: Л71Б03 – мощность ламп 10×30Вт; Л71Б84 – мощность ламп 8×40Вт.

Основные характеристики светильников [2] с люминесцентными лампами приведены в табл. 16.

Таблица 16

*Основные характеристики
некоторых светильников с люминесцентными лампами*

Тип светильника	Количество и мощность лампы	Область применения	Размеры, мм			КПД, %
			Длина	Ширина	Высота	
ОД – 2-30	2×30	Освещение производственных помещений с нормальными условиями среды	933	204	156	75
ОД – 2-40	2×40		1230	266	158	75
ОД – 2-80	2×80		1531	266	198	75
ОД – 2-125	2×125		1528	266	190	75
ОДО – 2-40	2×40		1230	266	158	75
ОДОР – 2-30	2×30		925	265	125	75
ОДОР – 2-40	2×40		1227	265	155	75
АОД – 2-30	2×30		945	255	-	80
АОД – 2-40	2×40		1241	255	-	80
ШОД – 2-40	2×40		1228	284	-	85
ШОД – 2-80	2×80		1530	284	-	83
Л71Б03	10×30		1096	1096	187	45
ПВЛ			Для пожароопасных помещений с пыле- и влаговыведениями. Параметры – аналогично ОД			

Для ламп накаливания и ламп ДРЛ применяются следующие типы светильников [3]:

- Универсаль (У) – для ламп до 500 Вт; применим для общего и местного освещения в нормальных условиях.

- Шар молочного стекла (ШМ) – для ламп до 1000 Вт; предназначен для нормальных помещений с большим отражением потолков и стен (помещения точной сборки, конструкторские).

- «Люцетта» (ЛЦ) – для ламп до 300 Вт; предназначен для тех же помещений, что и ШМ.

- Глубокоизлучатель со средней концентрацией потока (ГС) – для ламп 500, 1000 Вт; устойчив в условиях сырости и среды с повышенной химической активностью (прокатные цеха).

- Промышленный уплотненный светильник (ПУ) – для ламп до 300 Вт; предусмотрен для сырых и пыльных помещений.

На рис. 1 показаны основные типы светильников для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

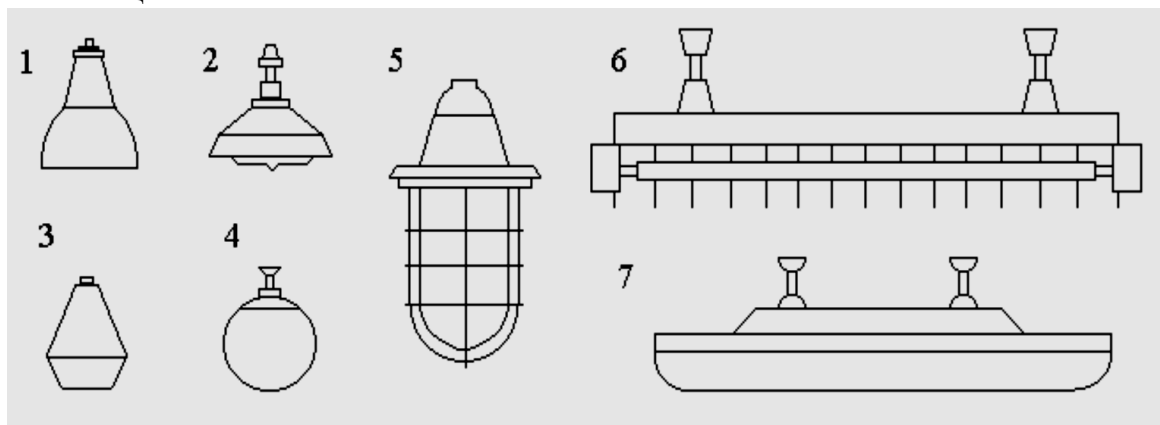


Рис. 1. Основные типы светильников:

- 1 – «Универсаль»; 2 – «Глубокоизлучатель»; 3 – «Люцетта»;
4 – «Молочный шар»; 5 – взрывобезопасный типа ВЗГ;
6 – типа ОД; 7 – типа ПВЛП

Для ламп ДРЛ могут применяться те же светильники, что и для ламп накаливания, однако выпускается ряд специальных светильников, например, светильник СЗ-4-ДРЛ – зеркальный, применяемый для ламп мощностью до 1000 Вт.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рис. 2):

H – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_{рп}$ – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_{рп}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью;

L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B);

l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Свес светильников h_c принимается обычно 0,5–0,7 м; в высоких помещениях свес можно увеличивать с тем, чтобы высота подвеса над полом не была больше 5–5,5 м, так как при большей высоте обслуживать светильники с приставных лестниц и стремянок становится затруднительным и опасным. Однако увеличивать свес более чем до 1,5–2 м не следует, т. к. при большом свесе светильники будут сильно раскачиваться даже от незначительного движения воздуха. При необходимости выполнения более длинных свесов можно рекомендовать подвеску светильников к горизонтально натянутым тросам.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$

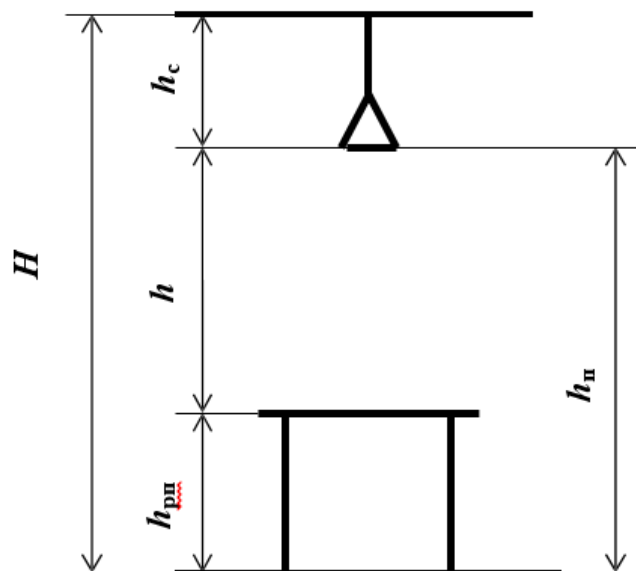


Рис. 2. Основные расчетные параметры

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом (табл. 17 и 18);

Таблица 17

Наименьшая допустимая высота подвеса светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	Наименьшая допустимая высота подвеса над полом, м
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при одиночной установке или при непрерывных рядах из одиночных светильников	3,5
Двухламповые светильники ОД, ОДР, ОДО, ОДОР при непрерывных рядах из сдвоенных светильников	4,0
Двухламповые светильники ШЛД, ШОД	2,5
Двухламповые уплотнённые светильники ПВЛ	3,0

Таблица 18

Наименьшая допустимая высота подвеса светильников с лампами накаливания

Тип светильника	Наименьшая допустимая высота подвеса над полом, м		
	В матированной колбе, до 150 Вт	В прозрачной колбе, ≤ 200 Вт	В прозрачной колбе, > 200 Вт
У	2,5	3	4
ШМ	–	2,5	3
ЛЦ	2,5	3	4
ГС	2,5	3	4
ПУ	–	3	4

Наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное размещение и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны) (рис. 3).

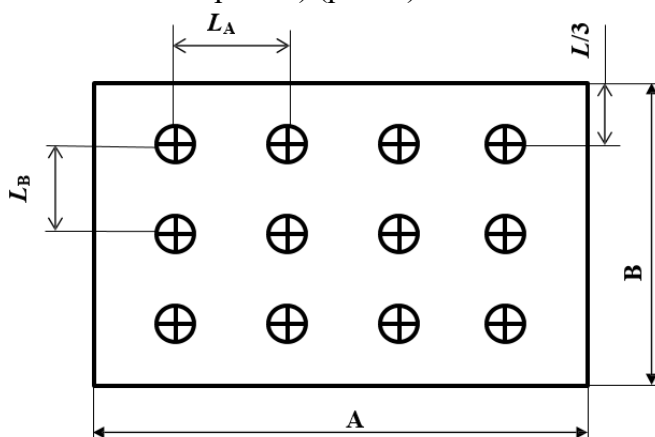


Рис. 3. Схема размещения светильников в помещении для ламп накаливания

При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно рядами – параллельно рядам оборудования (рис. 4). При высоких уровнях нормированной освещённости люминесцентные светильники обычно располагаются непрерывными рядами, для чего светильники сочленяются друг с другом торцами.

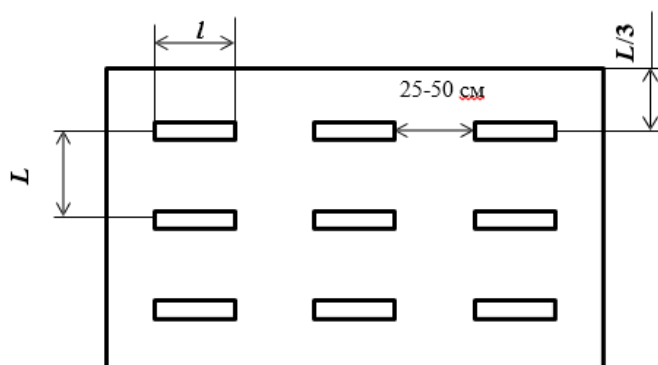


Рис. 4. Схема размещения светильников в помещении для люминесцентных ламп

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, характеризующая наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками. Уменьшение λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. В табл. 19 приведены значения λ для разных светильников.

Таблица 19

Наивыгоднейшее расположение светильников

Наименование светильников	λ
Люминесцентные с защитной решёткой ОДР, ОДОР, ШЛД, ШОД	1,1 – 1,3
Люминесцентные без защитной решётки типов ОД, ОДО	1,4
ПВЛ	1,5
ГС, ЛЦ	1,6
У, ПУ с отражателем	1,8
ШМ, ПУ без отражателя, плафоны	2,3
СЗ-4-ДРЛ	1,0

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h$$

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; B – ширина помещения, м; L – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5}$$

где $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду; A – длина помещения, м; $l_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}}$$

где N – общее количество светильников; $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

Необходимо изобразить в масштабе в соответствии с исходными данными план помещения, указать на нём расположение светильников (см. пример, рис. 5) и определить их число.

4. ВЫБОР ВЕЛИЧИНЫ ОСВЕЩЕННОСТИ

Основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей изложены в СП 52.13330.2016 [1]. Выбор освещённости осуществляется в зависимости от размера объёма различия (толщина линии, риски, высота буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона. Необходимые сведения для выбора нормируемой освещённости производственных помещений приведены в табл. 20.

Таблица 20

Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении (по СП 52.13330.2016)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения,	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		
						Освещённость, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
всего	в том числе от общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Тёмный	5000 4500	500 500	— —
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	4000 3500	400 400	1250 1000
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2500 2000	300 200	750 600
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	1500 1250	200 200	400 300
Очень высокой точности	От 0,15	II	a	Малый	Тёмный	4000 3500	400 400	- -
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	3000 2500	300 300	750 600
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	2000 1500	200 200	500 400
			г	Средний Большой «	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200

Окончание таблицы 20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Тёмный	2000 1500	200 200	500 400
			б	Малый Средний	Средний Тёмный	1000 750	200 200	300 200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Тёмный	750 600	200 200	300 200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	400	200	200
Средней точности	От 0,5 до 1,0	IV	a	Малый	Тёмный	750	200	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	-	-	200
Малой точности	Св. 1,5 до 5	V	a	Малый	Темный	400	200	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200
			г	Средний Большой «	Светлый « Средний	-	-	200
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200

5. РАСЧЕТ ОБЩЕГО РАВНОМЕРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы Φ определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_l \cdot \eta},$$

где E_n – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016 [1], лк; S – площадь освещаемого помещения, м²; K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (табл. 21); Z – коэффициент неравномерности освещения, отношение E_{cp}/E_{min} . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1; N_l – число ламп в помещении (необходимо учесть число ламп в светильнике); η – коэффициент использования светового потока.

Таблица 21

Коэффициент запаса светильников с люминесцентными лампами

Характеристика объекта	Коэффициент запаса
Помещения с большим выделением пыли	2,0
Помещения со средним выделением пыли	1,8
Помещения с малым выделением пыли	1,5

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = S / h(A+B)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно (табл. 22).

Таблица 22

Значение коэффициентов отражения потолка и стен

Состояние потолка	$\rho_n, \%$	Состояние стен	$\rho_c, \%$
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами, закрытыми шторами	70
Побеленный, в сырых помещениях	50	Свежепобеленные с окнами без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Светлый деревянный (окрашенный)	50	Оклеенные светлыми обоями	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Деревянный неокрашенный	30	Кирпичные неоштукатуренные	10
Грязный (кузницы, склады)	10	С тёмными обоями	10

Значения коэффициента использования светового потока η светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в табл. 23 и 24.

Таблица 23

*Коэффициенты использования светового потока светильников
с лампами накаливания η , %*

Тип светиль- ника	У			ШМ			ЛЦ			ГС			ПУ		
	ρ_n , %	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50
ρ_c , %	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i	Коэффициенты использования, %														
0,5	21	24	28	8	9	12	14	16	20	19	21	25	15	18	21
0,6	27	30	34	10	12	16	19	21	25	24	27	31	19	22	27
0,7	32	35	38	12	14	18	23	24	29	29	31	34	22	25	30
0,8	35	38	41	14	16	20	25	26	31	32	33	37	24	28	33
0,9	38	40	44	16	17	21	27	29	33	34	36	39	26	30	36
1,0	40	42	45	17	19	22	29	31	34	36	38	40	28	32	39
1,1	42	44	46	17	19	23	30	32	36	37	39	41	30	34	41
1,25	44	46	48	19	21	24	31	34	38	39	41	43	32	36	44
1,5	46	48	51	21	23	27	34	37	41	41	43	46	36	39	48
1,75	48	50	53	22	25	29	36	39	43	43	44	48	39	42	51
2,0	50	52	55	24	27	30	38	41	45	44	46	49	41	44	53
2,25	55	57	60	25	28	31	44	47	51	47	47	50	43	45	55
2,5	54	55	59	27	29	33	41	45	48	48	49	52	44	46	56
3,0	55	57	60	28	31	35	44	47	51	49	51	53	46	49	59
3,5	56	58	61	30	33	37	45	49	52	50	52	54	48	51	61
4,0	57	59	62	31	35	38	46	50	54	51	53	55	50	52	62
5,0	58	60	63	32	37	40	48	52	56	52	54	57	52	54	65

Таблица 24

*Коэффициенты использования светового потока светильников
с люминесцентными лампами*

Тип светиль- ника	ОД и ОДЛ			ОДР			ОДО			ОДОР			Л71БОЗ		
	$\rho_n, \%$	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50	70	30	50
$\rho_c, \%$	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50	10	30	50
i	Коэффициенты использования, %														
0,5	23	26	31	21	24	28	21	25	30	18	21	26	14	16	19
0,6	30	33	37	27	30	34	27	31	36	23	27	32	18	20	22
0,7	35	38	42	32	35	38	32	36	41	27	31	35	21	23	25
0,8	39	41	45	35	37	41	36	39	44	30	33	38	23	25	27
0,9	42	44	48	38	40	43	39	42	46	32	36	40	25	27	29
1,0	44	46	49	40	42	45	41	44	48	34	38	42	26	28	30
1,1	46	48	51	41	43	46	42	46	50	36	39	43	27	29	31
1,25	48	50	53	43	45	48	44	48	52	38	41	45	29	30	32
1,5	50	52	56	45	48	51	46	50	55	40	43	47	30	31	34
1,75	52	55	58	47	50	53	49	52	58	42	45	50	31	33	35
2,0	55	57	60	50	52	54	51	55	60	43	47	52	33	34	36
2,25	57	59	62	52	54	56	53	57	62	45	49	54	34	35	37
2,5	59	61	64	53	55	58	55	58	64	47	50	56	35	36	39
3,0	60	62	66	54	56	60	56	60	66	48	52	58	36	37	40
3,5	61	64	67	56	57	61	58	62	67	49	53	59	37	38	40
4,0	63	65	68	57	58	62	59	63	68	50	54	60	38	39	41
5,0	64	66	70	58	60	63	60	64	70	51	56	62	38	40	42

Окончание таблицы 24

Тип светильника	АОД и ШОД				ПВЛ - 1				СЗ-4-ДРЛ		
	ρ_n , %	50	50	70	70	30	30	50	70	30	50
ρ_c , %	30	50	50	70	10	30	50	70	30	50	70
i	Коэффициенты использования, %										
0,5	19	22	24	30	14	10	13	17	28	31	35
0,6	24	27	29	36	18	13	17	22	34	37	42
0,7	28	31	33	39	20	16	20	25	39	42	47
0,8	30	33	36	42	24	18	22	28	43	46	51
0,9	32	35	38	44	26	20	24	30	46	49	54
1,0	34	36	40	45	29	22	26	32	48	51	56
1,1	35	38	41	46	33	24	28	34	50	54	58
1,25	37	40	43	48	35	26	30	36	53	56	60
1,5	39	42	46	51	37	29	33	39	57	60	64
1,75	41	44	48	53	40	31	36	42	60	63	66
2,0	43	46	50	55	42	33	38	44	62	65	68
2,25	45	48	51	56	43	35	40	45	63	66	69
2,5	46	49	54	58	45	37	41	47	65	67	70
3,0	48	50	56	59	48	39	43	49	67	69	72
3,5	50	52	57	60	50	41	45	51	68	70	73
4,0	51	53	59	62	51	43	47	52	69	72	74
5,0	52	55	60	63	53	45	49	54	70	73	76

Расчет светового потока Φ , зная тип лампы, по табл. 11–15 выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Если необходимый поток лампы выходит за пределы диапазона ($-10 \div +20$ %), то корректируется число светильников либо высота подвеса светильников.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

ПРИМЕР

Дано помещение с размерами: длина $A = 24$ м, ширина $B = 12$ м, высота $H = 4,5$ м. Высота рабочей поверхности $h_{rp} = 0,8$ м.

Требуется создать освещенность $E = 300$ лк.

Коэффициент отражения стен $R_c = 30$ %, потолка $R_n = 50$ %.

Коэффициент запаса $k = 1,5$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Рассчитываем систему общего люминесцентного освещения.

Выбираем светильники типа ОД, $\lambda = 1,4$.

Приняв $h_c = 0,5$ м, определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{rp} = 4,5 - 0,5 - 0,8 = 3,2 \text{ м};$$

Расстояние между светильниками:

$$L = 1,4 \cdot 3,2 = 4,5 \text{ м};$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 1,5 \text{ м}.$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{12 - \frac{2}{3} \cdot 4,5}{4,5} + 1 \approx 3$$

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{24 - \frac{2}{3} \cdot 4,5}{1,23 + 0,5} \approx 12$$

Размещаем светильники в три ряда. В каждом ряду можно установить 12 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников (рис. 5). Учítывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении $N = 72$.

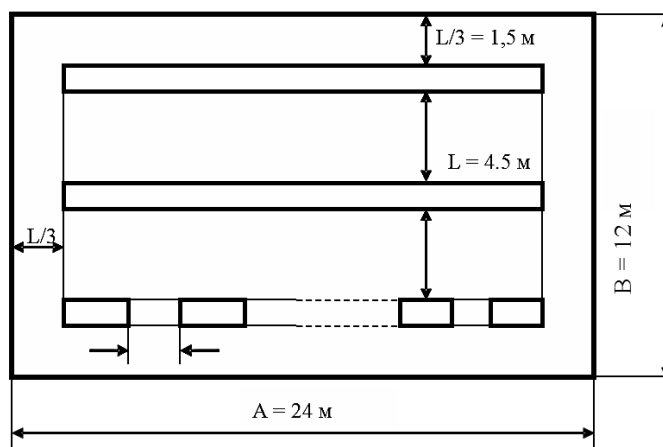


Рис. 5. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Находим индекс помещения

$$i = S / h(A+B) = 288 / (3,2(24 + 12)) = 2,5$$

По табл. 23 определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,61.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 288 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{72 \cdot 0,61} = 3246 \text{ Лм}$$

По табл. 11 выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм. Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 10 \leq +20\%$$

$$\text{Получаем: } -10\% \leq 8,78\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 72 \cdot 40 = 2880 \text{ Вт.}$$

Рассчитать методом коэффициента использования светового потока систему общего искусственного люминесцентного освещения производственного помещения длиной A , шириной B и высотой H . В помещении выполняются работы с деталями, имеющими размер L ; подразряд работ m . Коэффициент отражения стен – R_c , потолка – R_n . Коэффициент запаса – k , коэффициент размерности – Z . Высота рабочей поверхности – $h_{рп}$.

Таблица 25

Варианты задания

Вариант	A , м	B , м	H , м	L , мм	m	$h_{рп}$, м	R_c , %	R_n , %	k	Z
1	6	3	3.5	0.7	в	0.8	50	70	1.5	0.9
2	8	6	3.8	0.4	г	0.9	30	50	1.5	1.0
3	6	4	4.0	0.2	г	1.1	10	30	1.8	1.1
4	10	8	3.8	0.6	а	1.2	50	70	1.5	1.2
5	12	8	4.0	0.7	б	0.8	30	50	1.8	0.9
6	9	5	4.0	0.9	в	0.9	50	70	1.5	1.0
7	7	6	3.8	0.8	г	1.1	30	50	1.5	1.1
8	11	7	4.2	2.0	в	1.2	10	30	1.8	1.2
9	12	7	3.8	5.0	а	1.1	50	70	1.5	0.9
10	7	5	3.6	2.0	б	0.8	30	50	1.8	1.0
11	20	20	5.6	2.0	г	0.8	30	50	1.5	1.0
12	20	10	4.0	0.6	а	1.1	50	70	2.0	0.9
13	15	7	3.5	0.2	б	1.2	10	30	1.8	1.2
14	14	8	3.4	0.2	г	1.1	30	50	1.5	1.1
15	25	15	4.2	0.9	в	0.9	50	70	1.5	1.0
16	30	15	4.0	0.7	б	0.8	30	50	1.8	0.9
17	13	7	3.5	0.6	б	1.0	50	70	2.0	0.9
18	18	9	3.8	3.0	б	1.2	10	30	1.8	1.0
19	35	20	4.8	2.0	а	1.1	30	50	1.5	1.1
20	8	5	3.7	1.0	в	1.2	50	70	1.8	1.2
21	11	9	3.5	0.9	в	0.9	50	70	1.6	1.2
22	35	25	5.3	0.8	а	0.8	10	30	1.5	1.1
23	40	20	5.2	0.7	б	1.2	30	50	1.5	1.0
24	45	30	5.0	0.6	г	1.1	10	30	2.0	0.9
25	50	20	5.0	0.8	а	1.0	30	50	1.8	0.8

Литература

1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменением N 1)
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – СПб.: Энергоатомиздат, 2002. – 448 с.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (в редакции от 20.12.2017) / Министерство энергетики Российской Федерации. – 7-ое изд-е. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2019. – 607 с.
4. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957)
5. ГОСТ Р 59175-2020 (МЭК 60081:2002). Лампы люминесцентные двухцокольные. Эксплуатационные требования.
6. ГОСТ 2239-79. Лампы накаливания общего назначения. Технические условия (с Изменениями N 1-7)

Расчет молниезащитных зон зданий и сооружений

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Защитой от прямых ударов молнии является молниеотвод.

Молниеотводом называется устройство, воспринимающее удар молнии и отводящее ее ток в землю.

Зоной защиты молниеотвода называется пространство, внутри которого здание или сооружение защищено от прямых ударов молнии с надежностью не ниже определенного значения.

Зона защиты типа А обладает надежностью 99,5% и выше, а типа Б — 95 % и выше.

Наименьшей и постоянной надежностью обладает поверхность зоны защиты; в глубине зоны защиты надежность выше, чем на ее поверхности.

В общем случае в состав молниеотвода входят [1]:

- 1) *опора*;
- 2) *молниеприемник*, непосредственно воспринимающий удар молнии;
- 3) *токоотвод*, по которому ток молнии передается в землю;
- 4) *заземлитель*, обеспечивающий растекание тока молнии в земле.

В некоторых случаях функции опоры, молниеприемника и токоотвода совмещаются, например при использовании в качестве молниеотвода металлических труб или ферм.

По типу молниеприемника молниеотводы разделяются на следующие виды:

- 1) *стержневые* (вертикальные) (рис. 1);

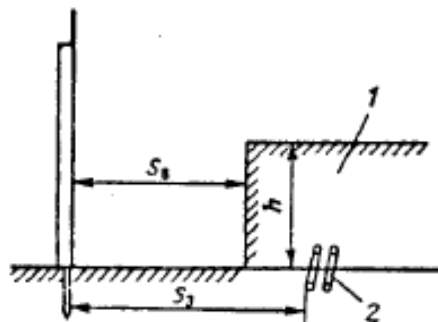


Рис. 1. Отдельно стоящий стержневой молниеотвод:

1 — защищаемый объект;

2 — металлические коммуникации

- 2) *тросовые* (протяженные) — с горизонтальным расположением молниеприемника, закрепленного на двух заземленных опорах (рис. 2);

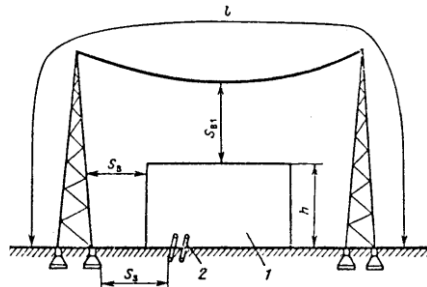


Рис. 2. Отдельно стоящий тросовый молниеотвод

3) *сетки* — многократные горизонтальные молниеприемники, пересекающиеся под прямым углом и укладываемые на защищаемое здание.

Стержневые и тросовые молниеотводы могут быть как *отдельно стоящие* так и *установленные на объекте*. Отдельно стоящие молниеотводы — это те, опоры которых установлены на земле на некотором удалении от защищаемого объекта. Отдельно стоящие молниеотводы обеспечивают растекание тока молнии минуя объект. При установке молниеотвода на самом объекте растекание тока происходит по контролируемым путям с целью недопущения поражения током молнии людей и животных. При этом от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть обеспечено не менее двух токоотводов.

Молниеотводы могут быть *одиночными* и *двойными (многократными)*.

Одиночный молниеотвод — это единичная конструкция стержневого или тросового молниеотвода.

Двойной (многократный) молниеотвод — это два (или более) стержневых или тросовых молниеотвода, образующих общую зону защиты.

Молниеприемная сетка может быть использована на неметаллических кровлях при уклоне не более 1:8. Она укладывается на кровлю сверху или под несгораемые или трудносгораемые утеплитель или гидроизоляцию.

Выполняется из стальной проволоки диаметром $d \geq 6$ мм. Шаг ячеек сетки должен быть не более 6х6 м (молниезащита II категории) или 12х12 м (молниезащита III категории)

Узлы сетки должны быть соединены сваркой. Выступающие над крышей металлические элементы (трубы, шахты, вентиляционные устройства) должны быть присоединены к молниеприемной сетке, а выступающие неметаллические элементы — оборудованы дополнительными молниеприемниками, также присоединенными к молниеприемной сетке.

На зданиях и сооружениях с металлической кровлей в качестве молниеприемника должна использоваться сама кровля. При этом все выступающие неметаллические элементы должны быть оборудованы молниеприемниками, присоединенными к металлу кровли,

Токоотводы от металлической кровли или молниеприемной сетки должны быть проложены к заземлителям не реже чем через 25 м по периметру здания.

Опоры отдельно стоящих молниеотводов выполняют из стали любой марки, железобетона или дерева.

Стержневые молниеприемники выполняют из стали сечением не менее $S \geq 100$ мм² и длиной не менее $l \geq 200$ мм. Защита от коррозии - оцинкование, лужение или окраска.

Тросовые молниеприемники выполняют из стальных многопроволочных канатов сечением не менее $S \geq 35$ мм².

Токоотводы для соединения молниеприемников с заземлителями, выполняют из круглой стали диаметром $d \geq 6$ мм или полосы сечением $S \geq 48$ мм² и толщиной $h \geq 4$ мм.

Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным

сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

Заземлители молниезащиты делятся на *естественные* и *искусственные*.

Естественные заземлители — заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений (то есть фундаменты, подножки и стойки опор и т.д.).

Искусственные заземлители — специально проложенные в земле контуры из полосовой ($S \geq 100 \text{ мм}^2$, $h \geq 4 \text{ мм}$) или круглой ($d \geq 6 \text{ мм}$) стали, а также сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

Как было рассмотрено на лекции, в результате вторичных проявлений молнии и заноса высокого потенциала внутри защищаемого объекта создается опасность искрения.

Для защиты от вторичных проявлений молнии должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

а) металлические конструкции и корпуса всего оборудования и аппаратов, находящиеся в защищаемом здании, должны быть присоединены к заземляющему устройству электроустановок или к железобетонному фундаменту здания;

б) в местах взаимного сближения трубопроводов и других протяженных металлических конструкций на расстояние менее 10 см через каждые 20 м (II категория) или 30 м (III категория) следует установить перемычки из стальной проволоки диаметром не менее 5 мм или стальной ленты сечением не менее 24 мм², для кабелей с металлическими оболочками или броней перемычки должны выполняться из гибкого медного проводника;

в) в соединениях элементов трубопроводов или других протяженных металлических предметов должны быть обеспечены переходные сопротивления не более 0,03 Ом на каждый контакт (I категория). При невозможности обеспечения контакта с указанным переходным сопротивлением с помощью болтовых соединений необходимо устройство стальных перемычек. Для II категории молниезащиты во фланцевых соединениях трубопроводов внутри здания следует обеспечить нормальную затяжку не менее четырех болтов на каждый фланец.

Защита от заноса высокого потенциала по подземным металлическим коммуникациям (трубопроводам, кабелям в наружных металлических оболочках или трубах) должна осуществляться путем их присоединения на вводе в здание или сооружение к арматуре его железобетонного фундамента, а при невозможности использования последнего в качестве заземлителя — к искусственному заземлителю.

Защита от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям должна осуществляться путем их заземления на вводе в здание или сооружение и на двух ближайших к этому вводу опорах коммуникации. В качестве заземлителей следует использовать железобетонные фундаменты здания или сооружения и каждой из опор, а при невозможности такого использования — искусственные заземлители.

Ввод в здание воздушных линий электропередачи напряжением до 1 кВ, сетей телефона, радио, сигнализации должен осуществляться только кабелями длиной не

менее 50 м с металлической броней или оболочкой или кабелями, проложенными в металлических трубах.

На вводе в здание металлические трубы, броня и оболочки кабелей, в том числе с изоляционным покрытием металлической оболочки (например, ААШв, ААШп), должны быть присоединены к железобетонному фундаменту здания или к искусственному заземлителю.

В месте перехода воздушной линии электропередачи в кабель металлические броня и оболочка кабеля, а также штыри или крючья изоляторов воздушной линии должны быть присоединены к заземлителю. К такому же заземлителю должны быть присоединены штыри или крючья изоляторов на опоре воздушной линии электропередачи, ближайшей к месту перехода в кабель.

Кроме того, в месте перехода воздушной линии электропередачи в кабель между каждой жилой кабеля и заземленными элементами должны быть обеспечены закрытые воздушные искровые промежутки длиной 2—3 мм или установлен вентильный разрядник низкого напряжения, например РВН-0,5.

Защита от заноса высоких потенциалов по воздушным линиям электропередачи напряжением выше 1 кВ, вводимым в подстанции, размещенные в защищаемом здании (внутрицеховые или пристроенные), должна выполняться в соответствии с ПУЭ [2].

Нормативные требования к молниезащите различных категорий

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к I и II категориям, должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее проявлений и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) металлические коммуникации. *Наружные установки*, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молнии.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты I и II или I и III категорий, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по I категории.

Если площадь помещений I категории молниезащиты составляет менее 30% площади всех помещений здания (на всех этажах), молниезащиту всего здания допускается выполнять по II категории независимо от категории остальных помещений. При этом на вводе в помещения I категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям.

Для зданий и сооружений с помещениями, требующими устройства молниезащиты II и III категорий, молниезащиту всего здания или сооружения следует выполнять по II категории.

Если площадь помещений II категории молниезащиты составляет менее 30% площади всех помещений здания (на всех этажах), молниезащиту всего здания допускается выполнять по III категории. При этом на вводе в помещения II

категории должна быть предусмотрена защита от заноса высокого потенциала по подземным и наземным (надземным) коммуникациям.

В целях защиты зданий и сооружений любой категории от прямых ударов молнии следует максимально использовать в качестве естественных молниеотводов существующие высокие сооружения (дымовые трубы, водонапорные башни, прожекторные мачты, воздушные линии электропередачи и т.п.), а также молниеотводы других близ расположенных сооружений.

Если зданию или сооружению частично вписывается в зону защиты естественных молниеотводов или соседних объектов, защита от прямых ударов молнии должна предусматриваться только для остальной, незащищенной его части. Если в ходе эксплуатации здания или сооружения реконструкция или демонтаж соседних объектов приведет к увеличению этой незащищенной части, соответствующие изменения защиты от прямых ударов молнии должны быть выполнены до начала ближайшего грозового сезона; если демонтаж или реконструкция соседних объектов проводятся в течение грозового сезона, на это время должны быть предусмотрены временные мероприятия, обеспечивающие защиту от прямых ударов молнии незащищенной части здания или сооружения.

МОЛНИЕЗАЩИТА I КАТЕГОРИИ

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к I категории, должна выполняться отдельно стоящими стержневыми или тросовыми молниеотводами.

Указанные молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А. При этом обеспечивается удаление элементов молниеотводов от защищаемого объекта и подземных металлических коммуникаций

При этом для отдельно стоящих молниеотводов приемлемыми являются следующие конструкции заземлителей:

а) один (и более) железобетонный подножник длиной не менее 2 м или одна (и более) железобетонная свая длиной не менее 5 м;

б) одна (и более) заглубленная в землю не менее чем на 5 м стойка железобетонной опоры диаметром не менее 0,25 м;

в) железобетонный фундамент произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 10 м²;

г) искусственный заземлитель, состоящий из трех и более вертикальных электродов длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом, при расстоянии между вертикальными электродами не менее 5 м.

Наименьшее допустимое расстояние S_B по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (см. рис. 1 и 2) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного электрического сопротивления грунта ρ , Ом•м.

Для зданий и сооружений высотой не более 30 м наименьшее допустимое расстояние S_B , м, равно:

при $\rho < 100$ Ом•м для заземлителя любой конструкции, приведенной в п. 2.2, $S_B = 3$ м;

при $100 < \rho \leq 1000$ Ом•м:

для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглубленной стойки железобетонной опоры,

$$S_b = 3 + 10^{-2} (\rho - 100);$$

для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай либо, подножников, расположенных в углах прямоугольника на расстоянии 3—8 м один от другого, или железобетонного фундамента произвольной формы с площадью поверхности контакта с землей не менее 70 м² или искусственных заземлителей, $S_b = 4$ м.

Для зданий и сооружений большей высоты определенное выше значение S_b должно быть увеличено на 1 м в расчете на каждые 10 м высоты объекта сверх 30 м.

Наименьшее допустимое расстояние S_b от защищаемого объекта до троса в середине пролета (рис. 2) определяется в зависимости от конструкции заземлителя, эквивалентного удельного сопротивления грунта ρ , Ом•м, и суммарной длины l молниеприемников и токоотводов.

При длине $l < 200$ м наименьшее допустимое расстояние S_{b1} , м, равно:

при $\rho < 100$ Ом•м для заземлителя любой конструкции $S_{b1} = 3,5$ м;

при $100 < \rho \leq 1000$ Ом•м:

для заземлителей, состоящих из одной железобетонной сваи, одного железобетонного подножника или заглубленной стойки железобетонной опоры, $S_b = 3,5 + 3 \cdot 10^{-3} (\rho - 100)$;

для заземлителей, состоящих из четырех железобетонных свай или подножников, расположенных на расстоянии 3—8 м один от другого, или искусственных заземлителей, $S_{b1} = 4$ м.

При суммарной длине молниеприемников и токоотводов $l = 200-300$ м наименьшее допустимое расстояние S_{b1} должно быть увеличено на 2 м по сравнению с определенными выше значениями.

Для исключения заноса высокого потенциала в защищаемое здание или сооружение по подземным металлическим коммуникациям (в том числе по электрическим кабелям любого назначения) заземлители защиты от прямых ударов молнии должны быть по возможности удалены от этих коммуникаций на максимальные расстояния, допустимые по технологическим требованиям. Наименьшие допустимые расстояния S_3 , (см. рис. 1 и 2) в земле между заземлителями защиты от прямых ударов молнии и коммуникациями, вводимыми в здания и сооружения I категории, должны составлять $S_3 = S_b + 2$ (м), при S_b .

При наличии на зданиях и сооружениях прямых газоотводных и дыхательных труб для свободного отвода в атмосферу газов, паров и взвесей взрывоопасной концентрации в зону защиты молниеотводов должно входить пространство над обрезом труб, ограниченное полушарием радиусом 5 м.

МОЛНИЕЗАЩИТА II КАТЕГОРИИ

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений II категории с неметаллической кровлей должна быть выполнена отдельно стоящими или установленными на защищаемом объекте стержневыми или тросовыми молниеотводами. При установке молниеотводов на объекте от каждого стержневого молниеприемника или каждой стойки тросового молниеприемника должно быть

обеспечено не менее двух токоотводов. При уклоне кровли не более 1:8 может быть использована также молниеприемная сетка.

При прокладке молниеприемной сетки и установке молниеотводов на защищаемом объекте всюду, где это возможно, в качестве токоотводов следует использовать металлические конструкции зданий и сооружений (колонны, фермы, рамы, пожарные лестницы и т.п., а также арматуру железобетонных конструкции) при условии обеспечения непрерывной электрической связи в соединениях конструкций и арматуры с молниеприемниками и заземлителями, выполняемых, как правило, сваркой.

Токоотводы, прокладываемые по наружным стенам зданий, следует располагать не ближе чем в 3 м от входов или в местах, не доступных для прикосновения людей.

В качестве *заземлителей* защиты от прямых ударов молнии во всех возможных случаях следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности использования фундаментов предусматриваются искусственные заземлители:

при наличии стержневых и тросовых молниеотводов каждый токоотвод присоединяется к заземлителю, отвечающему соответствующим требованиям;

при наличии молниеприемной сетки или металлической кровли по периметру здания или сооружения прокладывается наружный контур следующей конструкции:

в грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением $\rho \leq 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ при площади здания более 250 м^2 выполняется контур из горизонтальных электродов, уложенных в земле на глубине не менее 0,5 м, а при площади здания менее 250 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2—3 м;

в грунтах с удельным сопротивлением $500 < \rho \leq 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ при площади здания более 900 м^2 достаточно выполнить контур только из горизонтальных электродов, а при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов приваривается не менее двух вертикальных или горизонтальных лучевых электродов длиной 2—3 м на расстоянии 3—5 м один от другого.

В зданиях большой площади наружный контур заземления может также использоваться для выравнивания потенциала внутри здания. Во всех возможных случаях заземлитель защиты от прямых ударов молнии должен быть объединен с заземлителем электроустановок.

При установке *отдельно стоящих молниеотводов* расстояние от них по воздуху и в земле до защищаемого объекта и вводимых в него подземных коммуникаций не нормируется.

Наружные установки, содержащие горючие и сжиженные газы и легковоспламеняющиеся жидкости, следует защищать от прямых ударов молнии следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона, металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом объекте или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и отдельных резервуаров при толщине металла крыши 4 мм и более, а также отдельные резервуары вместимостью менее 200 м³ независимо от толщины металла крыши, а также металлические кожухи теплоизолированных установок достаточно присоединить к заземлителю.

. Для резервуарных парков, содержащих сжиженные газы, общей вместимостью более 8000 м³, а также для резервуарных парков с корпусами из металла и железобетона, содержащих горючие газы и легковоспламеняющиеся жидкости, при общей вместимости группы резервуаров более 100 тыс. м³ защиту от прямых ударов молнии следует, как правило, выполнять *отдельно стоящими молниеотводами*.

Если на наружных установках или в резервуарах (наземных или подземных), содержащих горючие газы или легковоспламеняющиеся жидкости, имеются *газоотводные или дыхательные трубы*, то они и пространство над ними должны быть защищены от прямых ударов молнии. Такое же пространство защищается над срезом горловины цистерн, в которые происходит открытый налив продукта на сливоналивной эстакаде. Защите от прямых ударов молнии подлежат также дыхательные клапаны и пространство над ними, ограниченное цилиндром высотой 2,5 м с радиусом 5 м.

Для резервуаров с плавающими крышами или понтонами в зону защиты молниеотводов должно входить пространство, ограниченное поверхностью, любая точка которой отстоит на 5 м от легковоспламеняющейся жидкости в кольцевом зазоре.

Для наружных установок в качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует по возможности использовать железобетонные фундаменты этих установок или опор отдельно стоящих молниеотводов либо выполнять искусственные заземлители, состоящие из одного вертикального или горизонтального электрода длиной не менее 5 м.

К этим заземлителям, размещенным не реже чем через 50 м по периметру основания установки, должны быть присоединены корпуса наружных установок или токоотводы установленных на них молниеотводов, число присоединений — не менее двух.

Для защиты наружных установок от вторичных проявлений молнии металлические корпуса установленных на них аппаратов должны быть присоединены к заземляющему устройству электрооборудования или к заземлителю защиты от прямых ударов молнии.

На резервуарах с плавающими крышами или понтонами необходимо устанавливать не менее двух гибких стальных перемычек между плавающими крышами или понтонами и металлическим корпусом резервуара или токоотводами установленных на резервуаре молниеотводов.

МОЛНИЕЗАЩИТА III КАТЕГОРИИ

Защита от прямых ударов молнии зданий и сооружений, относимых по устройству молниезащиты к III категории, должна выполняться так же как для II категории.

Во всех возможных случаях в качестве заземлителей защиты от прямых ударов молнии следует использовать железобетонные фундаменты зданий и сооружений.

При невозможности их использования выполняют искусственные заземлители:

каждый токоотвод от стержневых и тросовых молниеприемников должен быть присоединен к заземлителю, состоящему минимум из двух вертикальных электродов длиной не менее 3 м, объединенных горизонтальным электродом длиной не менее 5 м;

при использовании в качестве молниеприемников сетки или металлической кровли по периметру здания в земле на глубине не менее 0,5 м должен быть проложен наружный контур, состоящий из горизонтальных электродов. В грунтах с эквивалентным удельным сопротивлением $500 < \rho < 1000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и при площади здания менее 900 м^2 к этому контуру в местах присоединения токоотводов следует приваривать по одному вертикальному или горизонтальному лучевому электроду длиной 2—3 м.

В зданиях большой площади (шириной более 100 м) наружный контур заземления может также использоваться для выравнивания потенциалов внутри здания.

Во всех возможных случаях заземлитель защиты от прямых ударов молнии должен быть объединен с заземлителем электроустановки.

При защите строений для крупного рогатого скота и конюшен отдельно стоящими молниеотводами их опоры и заземлители следует располагать не ближе чем в 5 м от входа в строения.

При установке молниеприемников или укладке сетки на защищаемом стрости в качестве заземлителей следует использовать железобетонный фундамент или наружный контур, проложенный по периметру строения под асфальтовой или бетонной отмосткой.

К заземлителям защиты от прямых ударов молнии должны быть присоединены находящиеся внутри строения металлические конструкции, оборудование и трубопроводы, а также устройства выравнивания электрических потенциалов.

Защита от прямых ударов молнии *металлических скульптур и обелисков*, обеспечивается присоединением их к заземлителю.

Молниезащита *наружных установок*, содержащих горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C должна быть выполнена следующим образом:

а) корпуса установок из железобетона, а также металлические корпуса установок и резервуаров при толщине крыши менее 4 мм должны быть оборудованы молниеотводами, установленными на защищаемом сооружении или отдельно стоящими;

б) металлические корпуса установок и резервуаров при толщине крыши 4 мм и более следует присоединять к заземлителю.

Расположенные *в сельской местности* небольшие строения с неметаллической кровлей, подлежат защите от прямых ударов молнии одним из *упрощенных способов*:

а) при наличии на расстоянии 3—10 м от строения деревьев, в 2 раза и более превышающих его высоту с учетом всех выступающих на кровле предметов (дымовые трубы, антенны и т.д.), по стволу ближайшего из деревьев должен быть проложен токоотвод, верхний конец которого выступает над кроной дерева не менее чем на 0,2 м. У основания дерева токоотвод должен быть присоединен к заземлителю;

б) если конек кровли соответствует наибольшей высоте строения, над ним должен быть подвешен тросовый молниеприемник, возвышающийся над коньком не менее чем на 0,25 м. Опорами для молниеприемника могут служить закрепленные на стенах строения деревянные планки. Токоотводы прокладывают с двух сторон по торцевым стенам строения и присоединяют к заземлителям. При длине строения менее 10 м токоотвод и заземлитель могут быть выполнены только с одной стороны;

в) при наличии возвышающейся над всеми элементами кровли дымовой трубы над ней следует установить стержневой молниеприемник высотой не менее 0,2 м, проложить по кровле и стене строения токоотвод и присоединить его к заземлителю;

г) при наличии металлической кровли ее следует хотя бы в одной точке присоединить к заземлителю; при этом токоотводами могут служить наружные металлические лестницы, водостоки и т.д. К кровле должны быть присоединены все выступающие на ней металлические предметы.

Во всех случаях следует применять молниеприемники и токоотводы минимальным диаметром 6 мм, а в качестве заземлителя — один вертикальный или горизонтальный электрод длиной 2—3 м минимальным диаметром 10 мм, уложенный на глубине не менее 0,5 м.

Соединения элементов молниеотводов допускаются сварные и болтовые.

Защита от прямых ударов молнии *неметаллических труб*, башен, вышек высотой более 15 м должна быть выполнена путем установки на этих сооружениях при их высоте:

до 50 м — одного стержневого молниеприемника высотой не менее 1 м;

от 50 до 150 м — двух стержневых молниеприемников высотой не менее 1 м, соединенных на верхнем торце трубы;

более 150 м — не менее трех стержневых молниеприемников высотой 0,2 — 0,5 м или по верхнему торцу трубы должно быть уложено стальное кольцо сечением не менее 160 мм².

В качестве молниеприемника может также использоваться защитный колпак, устанавливаемый на дымовой трубе, или металлические конструкции типа антенн, устанавливаемые на телебашнях.

При высоте сооружения до 50 м от молниеприемников должна быть предусмотрена прокладка одного токоотвода; при высоте сооружения более 50 м токоотводы должны быть проложены не реже чем через 25 м по периметру основания сооружения, их минимальное количество два.

Сечения (диаметры) токоотводов должны удовлетворять требованиям табл. 3, а в зонах с высокой загазованностью или агрессивными выбросами в атмосферу диаметры токоотводов должны быть не менее 12 мм.

В качестве токоотводов могут использоваться ходовые металлические лестницы, в том числе с болтовыми соединениями звеньев, и прочие вертикальные металлические конструкции.

На железобетонных трубах в качестве токоотводов следует использовать арматурные стержни, соединенные по высоте трубы сваркой, скруткой или внахлест; при этом прокладка наружных токоотводов не требуется. Соединение молниеприемника с арматурой должно выполняться минимум в двух точках.

Все соединения молниеприемников с токоотводами должны быть выполнены сваркой.

Для *металлических труб, башен, вышек* установка молниеприемников и прокладка токоотводов не требуется.

В качестве *заземлителей* защиты от прямых ударов молнии металлических и неметаллических труб, башен, вышек следует использовать их железобетонные фундаменты. При невозможности использования фундаментов на каждый токоотвод должен быть предусмотрен *искусственный заземлитель из двух стержней, соединенных горизонтальным электродом*; при периметре основания сооружения не более 25 м искусственный заземлитель может быть выполнен в виде *горизонтального контура*, проложенного на глубине не менее 0,5 м и выполненного из электрода круглого сечения. При использовании в качестве токоотводов арматурных стержней сооружения их соединения с искусственными заземлителями должны выполняться не реже чем через 25 м при минимальном количестве присоединений, равном двум.

1. РАСЧЕТ МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Методика расчета молниезащиты

1. Определить класс зоны объекта согласно ПУЭ [2].
2. Определить среднегодовую продолжительность гроз в месте расположения объекта согласно рис.3 или карты среднегодовой продолжительности гроз на территории стран СНГ, приведенной в ПУЭ [2].

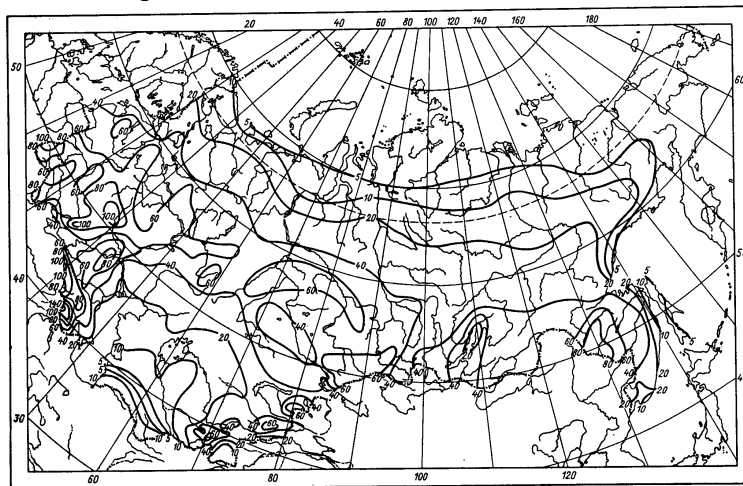


Рис. 3. Среднегодовая продолжительность гроз на территории стран СНГ

3. В зависимости от величины среднегодовой продолжительности гроз определить удельную плотность ударов молнии в землю n , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$, согласно табл. 26.

Таблица 26.

Среднегодовая продолжительность гроз, ч	Удельная плотность ударов молнии в землю n , $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$
10 – 20	1
20 – 40	2
40 – 60	4
60 – 80	5,5
80 – 100	7
100 и более	8,5

4. Определить ожидаемое количество N поражений молнией здания в год по формулам:

для сосредоточенных зданий и сооружений (дымовые трубы, вышки, башни)

$$N = 9 \cdot \pi \cdot h^2 n \cdot 10^{-6};$$

для зданий и сооружений прямоугольной формы

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

где h – наибольшая высота здания или сооружения, м; S , L – соответственно ширина и длина здания или сооружения, м; n – удельная плотность ударов молнии в землю, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$, в месте нахождения здания или сооружения.

Для зданий и сооружений сложной конфигурации в качестве S и L рассматриваются ширина и длина наименьшего прямоугольника, в который может быть вписано здание или сооружение в плане.

5. Определить категорию молниезащиты и тип зоны защиты молниеотвода по табл. 27.

Таблица 27.

№ п/п	Здания и сооружения	Местоположения	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниеотводов
1	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов В-I и В-II	На всей территории РФ	А	I
2	То же классов В-Iа, В-Iб, В-IIа	В местностях со средней продолжительностью гроз 10ч в год и более	При ожидаемом количестве поражений молнией в год здания или сооружения $N > 1$ – А; при $N \leq 1$ – Б	II
3	Наружные установки, создающие согласно ПУЭ зону класса В-Iг	На всей территории РФ	Б	II
4	Здания и сооружения или их части, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов	На всей территории РФ	Для здания и сооружений I и II степеней огнестойкости при $0,1 < N \leq 2$ и для III–V степеней	III

	П-I, П-II, П-IIIa		огнестойкости при $0,02 < N \leq 2$ – Б, при $N > 2$ – А	
5	Расположенные в сельской местности небольшие строения III—V степеней огнестойкости, помещения которых согласно ПУЭ относятся к зонам классов П-I, П-II, П-IIIa	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более $N < 0,02$	–	III

Окончание таблицы 27.

№ п/п	Здания и сооружения	Местоположения	Тип зоны защиты при использовании стержневых и тросовых молниеотводов	Категория молниеотводов
6	Жилые и общественные здания, высота которых более чем на 25 м больше средней высоты окружающих зданий в радиусе 400 м, а также отдельно стоящие здания высотой более 30 м, удаленные от других зданий более чем на 400 м	В местностях со средней продолжительностью гроз 20 ч в год и более	Б	III
7	Дымовые и прочие трубы предприятий и котельных, башни и вышки всех назначений высотой 15 м и более	В местностях со средней продолжительностью гроз 10 ч в год и более	Б	III

6. Определить необходимый комплекс молниезащиты здания или сооружения:

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к I и II категориям, должны быть защищены от прямых ударов молнии, вторичных ее проявлений и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) и подземные металлические коммуникации.

Здания и сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала через наземные (надземные) металлические коммуникации.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены от прямых ударов и вторичных проявлений молнии.

Наружные установки, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии.

Внутри зданий большой площади (шириной более 100 м) необходимо выполнять мероприятия по выравниванию потенциала.

7. Выбрать тип и место установки молниеотвода.

8. Определить высоту молниеотвода и размеры зоны защиты молниеотвода согласно следующим формулам.

Одиночный стержневой молниеотвод

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h представляет собой круговой конус (рис. 4), вершина которого находится на высоте $h_0 < h$. На уровне земли зона защиты образует круг радиусом r_0 . Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте защищаемого сооружения h_x представляет собой круг радиусом r_x .

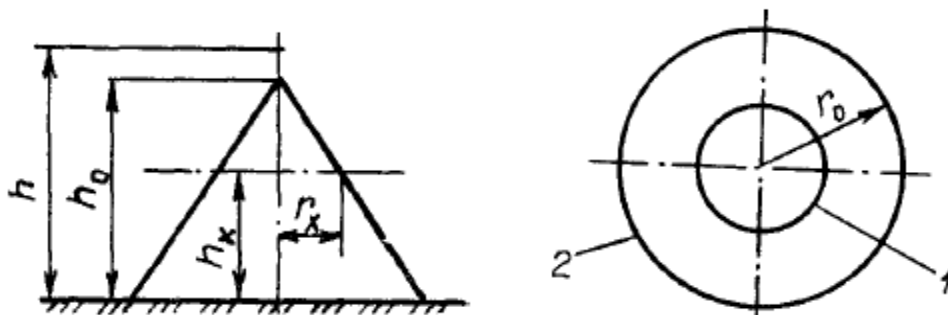


Рис. 4. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода:
1 – границы зоны защиты на уровне h_x ; 2 – то же на уровне земли

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $h \leq 150$ м имеют следующие габаритные размеры.

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

Зона Б: $h_0 = 0,92h$; $r_0 = 1,5A$; $r_x = 1,5(h - h_x/0,92)$.

Для зоны Б высота $h \leq 150$ м одиночного стержневого молниеотвода при известных значениях h_x и r_x и может быть определена по формуле $h = (r_x + 1,63h_x/h_x)/1,5$.

Зоны защиты одиночных стержневых молниеотводов высотой $150 < h < 600$ м имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

$h_0 = [0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$;

$r_0 = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$;

$r_x = [0,8 - 1,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)] \cdot h \cdot \left\{ 1 - \frac{h_x}{[0,85 - 1,7 \cdot 10^{-3}(h - 150)] \cdot h} \right\}$

Зона Б:

$h_0 = [0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)]h$;

$r_0 = 225$ м;

$r_x = 225 - \frac{225h_x}{[0,92 - 0,8 \cdot 10^{-3}(h - 150)] \cdot h}$

Одиночный тросовый молниеотвод

Зона защиты одиночного тросового молниеотвода высотой $h \leq 150$ м приведена на рис. 5, где h - высота троса в середине пролета.

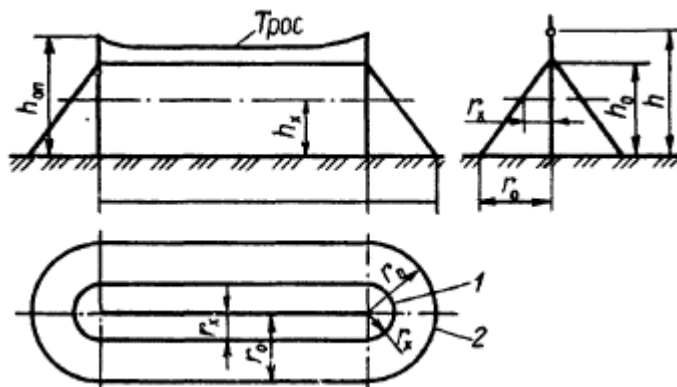


Рис. 5. Зона защиты одиночного тросового молниеотвода.

Обозначения те же, что и на рис. 4

С учетом стрелы провеса троса сечением 35-50 мм² при известной высоте опор $h_{оп}$ и длине пролета "а" высота троса определяется, м:

$$h = h_{оп} - 2 \text{ при } a < 120;$$

$$h = h_{оп} - 3 \text{ при } 120 < a < 150.$$

Зоны защиты одиночного тросового молниеотвода имеют следующие габаритные размеры.

Зона А:

$$h_0 = 0.85h ;$$

$$r_0 = (1.35 - 0.0025h)h ;$$

$$r_x = (1.35 - 0.0025h)(h - h_x/0.85).$$

Зона Б:

$$h_0 = 0.92h ;$$

$$r_0 = 1.7h ;$$

$$r_x = 1.7(h - h_x/0.92) .$$

Для зоны типа Б высота одиночного тросового молниеотвода при известных значениях h_x и r_x определяется по формуле $h = (r_x + 1.85h_x)/1.7$.

9. Определить конструктивные элементы молниезащиты согласно следующих правил:

Опоры стержневых молниеотводов должны быть рассчитаны на механическую прочность как свободно стоящие конструкции, а опоры тросовых молниеотводов — с учетом натяжения троса и действия на него ветровой и гололедной нагрузок.

Опоры отдельно стоящих молниеотводов могут выполняться из стали любой марки, железобетона или дерева.

Стержневые молниеприемники должны быть изготовлены из стали любой марки сечением не менее 100 мм² и длиной не менее 200 мм и защищены от коррозии оцинкованием, лужением или окраской.

Тросовые молниеприемники должны быть выполнены из стальных многопроволочных канатов сечением не менее 35 мм².

Соединения молниеприемников с токоотводами и токоотводов с заземлителями должны выполняться, как правило, сваркой, а при недопустимости огневых работ разрешается выполнение болтовых соединений с переходным

сопротивлением не более 0,05 Ом при обязательном ежегодном контроле последнего перед началом грозового сезона.

При установке молниеотводов на защищаемом объекте и невозможности использования в качестве токоотводов металлических конструкций здания токоотводы должны быть проложены к заземлителям по наружным стенам здания кратчайшими путями.

Допускается использование любых конструкций железобетонных фундаментов зданий и сооружений (свайных, ленточных и т. п.) в качестве естественных заземлителей молниезащиты

10. Проверить соответствие параметров молниезащиты существующего молниеотвода нормативным требованиям.

2. ПРИМЕР РАСЧЕТА МОЛНИЕЗАЩИТЫ

Склад хранения баллонов с ацетиленом расположен в г. Томске. Размеры здания: длина $L = 20$ м, ширина $S = 8$ м, высота $h_x = 6$ м. Здание защищено от прямых попаданий молнии отдельным стоящим стержневым молниеотводом высотой $h = 16$ м, расположенным на расстоянии $a = 4$ м от середины фасадной стороны здания.

Опора – железобетонная; молниеприемник – сталь круглая оцинкованная $d = 10$ мм, $l = 600$ мм; токоотвод – сталь круглая $d = 6$ мм, проложен снаружи по опоре; заземлитель – комбинированный из трех уголков 40х40х4 мм и полосы 40х4 мм с размерами $c = 5$ м, $l = 3$ м.

Проверить соответствие параметров молниезащиты существующего молниеотвода нормативным требованиям.

Решение

1. Определяем класс зоны объекта – В-Ia (Табл. 27).
2. Определяем среднегодовую продолжительность гроз в г. Томске (рис.3) – 40–60 час.

3. В зависимости от величины среднегодовой продолжительности гроз определяем удельную плотность ударов молнии в землю (Табл. 26, $1/(\text{км}^2 \cdot \text{год})$)

$$n = 4.$$

4. Определяем ожидаемое количество поражений молнией здания в год по формуле

$$N = [(S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) - 7,7 \cdot h_x^2] \cdot n \cdot 10^{-6} = \\ = [(8 + 6 \cdot 6) \cdot (20 + 6 \cdot 6) - 7,7 \cdot 6^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0,011$$

5. Определяем категорию молниезащиты – II, тип зоны защиты молниеотвода – зона Б (табл.27).

6. Определяем необходимый комплекс молниезащиты: защита от прямых ударов молнии, вторичных ее проявлений и заноса высокого потенциала через наземные и подземные металлические коммуникации.

7. Защита здания от прямых попаданий молнии осуществляется отдельно стоящим стержневым молниеотводом, расположенным на расстоянии 4 м от середины фасадной стороны здания.

8. Определяем необходимую высоту молниеотвода и размеры его зоны защиты согласно ранее приведенных формул.

Радиус зоны защиты на высоте $h_x = 6$ м, равной высоте здания, определяем по теореме Пифагора (рис. 6, 7).

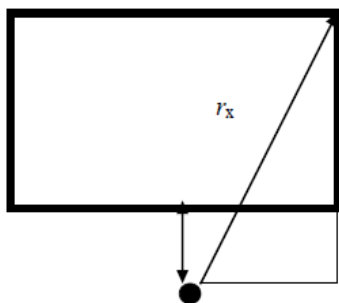


Рис. 6.

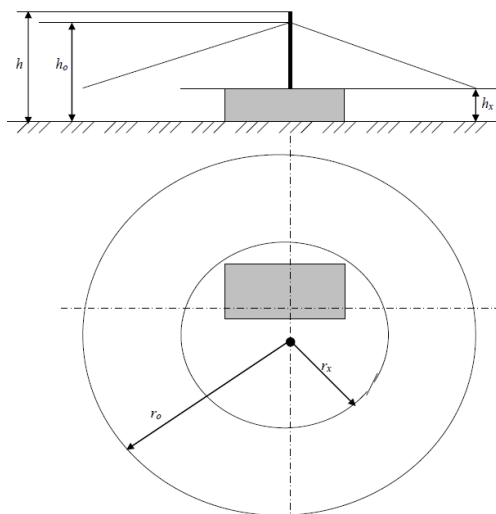


Рис. 7.

$$r_x = \sqrt{(8+4)^2 + (20/2)^2} = \sqrt{12^2 + 10^2} = 15,6 \text{ м}$$

Высота молниеотвода, м

$$h = \frac{r_x + 1,63 \cdot h_x}{1,5} = \frac{15,6 + 1,63 \cdot 6}{1,5} = 16,9$$

Высота зоны защиты, м

$$h_0 = 0,92 \cdot h = 0,92 \cdot 16,9 = 15,5$$

Радиус зоны защиты на уровне земли, м

$$r_0 = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 16,9 = 25,4.$$

9. Определяем конструктивные элементы молниезащиты:

а) опора – стальная, железобетонная, деревянная;

б) молниеприемник – сталь с площадью сечения не менее 100 мм^2 , длиной не менее 200 мм, если сталь круглая, то диаметр должен быть не менее 12 мм (площадь сечения 113 мм^2);

в) токоотвод - сталь диаметром $d \geq 6$ мм или полоса сечением $S \geq 48 \text{ мм}^2$ и толщиной $h \geq 4$ мм.

Проверяем соответствие параметров молниезащиты существующего молниеотвода нормативным требованиям.

Не соответствуют:

- высота молниеотвода;
 - диаметр молниеприемника.
- Остальные параметры молниезащиты соответствуют требованиям.

Методические указания к практическому занятию

Таблица 28

Варианты задания

Номер		Средняя продолжительность гроз, ч/год	Тип молниеотвода	Длина здания L, м	Ширина здания S, м	h _x , м	a, м
варианта	рисунка						
1	1	30	один. стерж.	14	10	6	3
2	2	50	один. стерж.	6	4	4	–
3	3	70	один. стерж.	17	6	5	–
4	4	90	один. трос.	20	5	7	–
5	1	50	один. стерж.	18	10	5,5	4
6	2	70	один. стерж.	7	5	5	–
7	3	90	один. стерж.	19	7	6	–
8	4	100	один. трос.	25	6	8	–
9	1	70	один. стерж.	14	6	5	5
10	2	80	один. стерж.	6	4	4	–

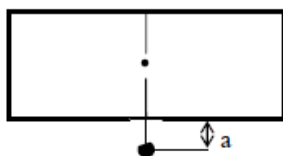


Рис.1

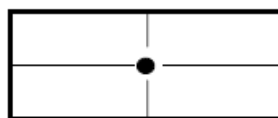


Рис.2

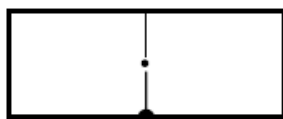


Рис.3

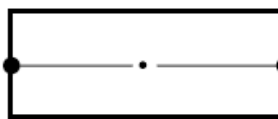


Рис.4

ЛИТЕРАТУРА

1. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. - Приказ Минэнерго РФ от 30.06.2003 N 280
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (в редакции от 20.12.2017) / Министерство энергетики Российской Федерации. – 7-ое изд-е. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2019. – 607 с.

РАСЧЁТ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При обслуживании производственного оборудования, использующего электроэнергию, работающие прикасаются к его нетоковедущим металлическим частям. Такой контакт обычно является нормальной операцией. В процессе эксплуатации может происходить повреждение изоляции электрооборудования. Повреждение изоляции, как правило, сопровождается замыканием на корпус электроустановки, т.е. случайным соединением токоведущих частей с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. В результате чего корпус электроустановки, а через него все оборудование и обслуживающий персонал могут оказаться под напряжением, что приводит к поражению электротоком. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции и замыкании на корпус «Правилами устройства электроустановок» предусматривается ряд защитных мер, одним из них является применение защитного заземления.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциалов, разряд молнии, наведение статического электричества и др.).

Искусственное групповое защитное заземляющее устройство (УЗЗ) [3] может состоять из вертикальных электродов и горизонтально расположенной соединительной полосы, соединенных между собой сваркой или болтовым соединением. Для обеспечения надежной защиты от электропоражения устройство заглубляется в землю на 0,7–0,8 м. Это необходимо, так как верхний слой земли промерзает и высыхает при снижении и повышении сезонных колебаний температуры, что может приводить к возрастанию удельного сопротивления растеканию тока в земле.

Для уменьшения размеров и экономических затрат на сооружение УЗЗ рекомендуется использовать сопротивление естественных заземлителей. В качестве которых можно использовать: свинцовые оболочки кабелей; инженерные сооружения, проложенные в земле, кроме трубопроводов для горючих жидкостей; грозозащита опор линий электропередачи.

В данной работе расчет УЗЗ выполнен, исходя из допустимого, согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [1], сопротивления заземлителя растеканию тока методом коэффициентов использования.

ПЛАН РАСЧЕТА

1. Уточняются исходные данные.
2. Определяется расчетный ток замыкания на землю.
3. Определяется требуемое сопротивление растеканию заземляющего устройства.
4. Определяется требуемое сопротивление искусственного заземлителя;
5. Выбирается тип заземлителя и составляется предварительная схема (проект) заземляющего устройства, т. е. размещаются на плане установки принятые для сооружения УЗЗ электроды и заземляющие проводники;
6. Уточняются параметры УЗЗ.

1. Исходные данные для расчета

Для расчета заземления необходимы следующие сведения:

1) характеристика электроустановки – тип установки, виды основного оборудования, рабочие напряжения, способы заземления нейтралей трансформаторов и генераторов и т. п.;

2) план электроустановки с указанием основных размеров и размещения оборудования;

3) формы и размеры электродов, из которых предполагается соорудить проектируемый групповой заземлитель, а также предполагаемая глубина погружения их в землю. Вертикальные (стержневые) электроды, забиваемые вертикально в землю, выполнены обычно из стальных труб диаметром 5–6 см с толщиной стенки не менее 3,5 мм или из угловой стали с толщиной полок не менее 4 мм (обычно от 40x40 до 60x60 мм) длиной 2,5–3,0 м. Широко для стержневых электродов применяется прутковая сталь диаметром не менее 10 мм и длиной до 10 м. Для горизонтальных электродов применяется полосовая сталь сечением не менее 4x12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм;

4) данные измерений удельного сопротивления грунта на участке, где предполагается соорудить заземлитель, а также характеристика климатической зоны (в соответствии с табл. 28);

Значения, рекомендуемые для предварительных расчетов

Таблица 29

Удельные сопротивления грунта при влажности 10 – 20 %

Грунт	Удельное сопротивление, (Ом·м)	Грунт	Удельное сопротивление, (Ом·м)
Песок сухой	2500	Глина	40
Песок влажный	700	Торф	20
Супесок	300	Каменистый	4000
Чернозем	20	Вода речная	100
Суглинок	100	Вода озерная	50

5) данные о естественных заземлителях: какие сооружения могут быть использованы для этой цели и сопротивление их растеканию, тока, полученные непосредственным измерением; если по каким-либо причинам измерение сопротивления естественного заземлителя произвести невозможно, должны быть даны сведения, позволяющие определить это сопротивление расчетом: Сопротивление естественных заземлителей можно вычислять по формулам, выведенным для искусственных заземлителей аналогичной формы (см. [3], табл.1-17), или специальным формулам, встречающимся в технической литературе. Например, сопротивление растеканию системы «грозозащитный трос – опоры» (при числе опор с тросом более 20) определяется приближенной формулой

$$R_e = \sqrt{r_{он} \cdot \frac{r_T}{n_T}}, \quad (5.1)$$

где, $r_{оп}$ – расчетное, т. е. наибольшее (с учетом сезонных колебаний) сопротивление заземления одной опоры, Ом; r_T – активное сопротивление троса на длине одного пролета, Ом; n_T – число тросов на опоре. Для стального троса сечением s , мм², при длине пролета l , м, активное сопротивление, Ом,

$$r_T = 0,15 \cdot \frac{l}{s}, \quad (5.2)$$

Поскольку на сопротивление естественных заземлителей влияют многие факторы, которые не учитываются этими формулами (наличие антикоррозийной изоляции на трубах или резиновых прокладок в стыках труб, различная глубина заложения протяженного заземлителя в земле и т. п.), указанные вычисления дают, как правило, очень большую ошибку. Поэтому сопротивления естественных заземлителей следует определять непосредственно измерениями. Если заземлители при этом находятся на глубине промерзания, то результат измерения умножается на коэффициент сезонности (см. табл. 30).

Таблица 30

Признаки климатических зон и значения коэффициентов

Характеристики климатических зон	1	2	3	4
Средняя многолетняя низшая температура (январь), С	от -20 до -15	от -14 до -10	от -10 до 0	от 0 до +5
Средняя многолетняя высшая температура (июль), С	от +16 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26
Среднегодовое количество осадков см.	40	50	50	30 - 50
Продолжительность замерзания вод (дней)	190	150	100	0
Значения повышающих коэффициентов				
Для вертикальных электродов, Кв	1,8-2,0	1,5-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
Для горизонтальных электродов, Кг	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0

б) расчетный ток замыкания на землю; если ток неизвестен, его вычисляют обычными способами, при этом следует учитывать указания, приведенные в п. «2»;

2. Определение расчетного тока замыкания на землю

Током замыкания на землю называется ток, проходящий через место замыкания на землю, т. е. в месте случайного электрического соединения токоведущей части непосредственно с землей или нетоковедущими проводящими конструкциями или предметами, не изолированными от земли.

Электроустановки по значению тока замыкания на землю условно разделяются на две группы:

а) Установки с большими токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю больше 500 А. К ним относятся установки трехфазного тока напряжением 110 кВ и выше с глухозаземленной нейтралью, т.е. присоединенной к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (трансформатор тока и др.) [4].

б) Установки с малыми токами замыкания на землю, в которых однофазный ток замыкания на землю не превышает 500 А. К ним относятся установки трехфазного тока напряжением до 35 кВ включительно с изолированной нейтралью, т. е. не присоединенной к заземляющему устройству или присоединенной через

аппараты, компенсирующие емкостный ток в сети, трансформаторы напряжения и другие аппараты, имеющие большое сопротивление.

В установках с большими токами замыкания на землю расчетным током является наибольший из токов однофазного замыкания (установившееся значение), проходящих через рассчитываемое заземляющее устройство. При определении этого тока должны быть учтены: возможность замыкания фазы на землю, как в пределах проектируемой электроустановки, так и вне ее; распределение тока замыкания на землю между заземленными нейтральными сетями; различные варианты схем работы сети.

Покажем это на примере сети с несколькими подстанциями, приведенной на рис.1.

а) нейтраль трансформаторов заземлены на всех подстанциях. Тогда при замыкании одной из фаз на землю ток I_3 , стекающий в землю, будет равен сумме токов, посылаемых к месту замыкания каждой подстанцией, т. е. $I_3 = I_A + I_B + I_C$

Если замыкание произошло в пределах одной подстанции, например A , то токи, проходящие через заземления подстанций, будут: для подстанции $A - I_3$, а для других – соответственно I_B и I_C .

б) если замыкание фазы на землю произошло вне подстанций, то через заземления подстанций будут проходить токи I_A , I_B и I_C соответственно.

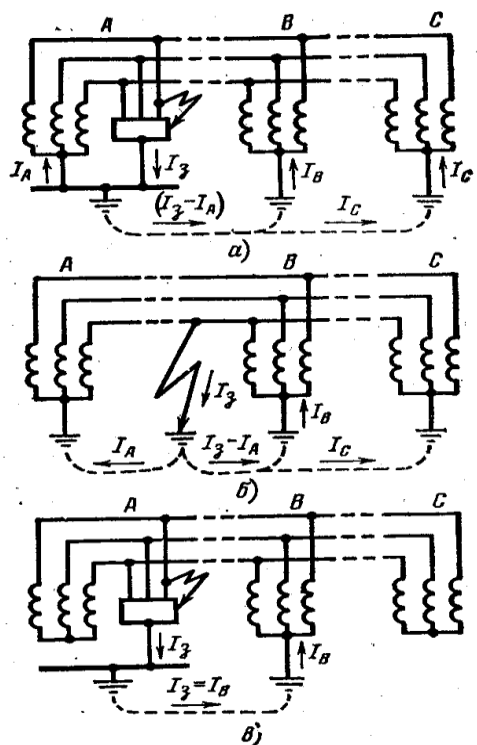


Рис.5.1. К определению тока замыкания на землю в установках выше 1000В с большими токами замыкания на землю

в) если на подстанциях A и C нейтраль изолированы, то при замыканий фазы на землю на подстанции A через заземляющие устройства подстанций A и B пройдет

полный ток замыкания на землю $I_z = I_B$, который посылается подстанцией B . Очевидно, при этой схеме во всех случаях замыкания наибольшим током для каждой подстанции будет ток I_B ; он и будет расчетным током [2].

В установках с малыми токами замыкания на землю расчетный ток зависит от наличия аппаратов, компенсирующих емкостный ток сети. В установках, не имеющей компенсирующих аппаратов, расчетным является полный ток замыкания на землю. Для сети с изолированной нейтралью он приближенно определяется выражением:

$$I_{K3} = \frac{U}{350} [35(L_{KL} + L_{VL})] \quad (5.3)$$

где, U – линейное напряжение, кВ;

L_{KL} , L_{VL} – длины электрически связанных кабельных и воздушных линий электропередачи.

Для установки с малыми токами замыкания на землю в целях упрощения допускается принимать в качестве расчетного ток срабатывания релейной защиты от междуфазных замыканий или ток плавления предохранителей, если эта защита обеспечивает отключение от замыкания на землю. В этом случае ток замыкания на землю должен быть не менее 1,5-кратного тока срабатывания релейной защиты или 3-кратного номинального тока предохранителя.

В установках с компенсацией емкостных токов в качестве расчетного принимается ток равный 125 % номинального тока аппарата:

$$I_{K3} = 1,25 \cdot I_{НОМ}.$$

3. Определение требуемого сопротивления заземляющего устройства

Расчет заземлителя производится по заранее заданным наибольшим допустимым значениям сопротивления заземлителя растеканию тока R_z или напряжения прикосновения (и шага) $U_{пр}$ [4].

Наибольшие допустимые значения R_z , установленные Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [1], составляют:

для установок до 1000 В

10 Ом – при суммарной мощности генераторов или трансформаторов, питающих данную сеть, не более 100 кВА;

4 Ом – во всех остальных случаях; для установок выше 1000 В

0,5 Ом – при больших токах замыкания на землю (т. е. больше 500 А);

$250/I_z \leq 10$ Ом – при малых токах замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется только для электроустановок напряжением выше 1000 В;

$250/I_z \leq 10$ Ом – при малых токах замыкания на землю и при условии, что заземлитель используется одновременно для установок напряжением до 1000 В.

В этих выражениях I_z – расчетный ток замыкания на землю, А.

Примечание: при удельном сопротивлении ρ более 100 Ом·м допускается увеличивать указанные выше нормы в 0,01 ρ раз, но не более десятикратного.

4. Определение требуемого сопротивления искусственного заземлителя

При использовании естественных заземлителей, а это дает значительную экономию средств и предписывается ПУЭ [1] сопротивление искусственного заземлителя $R_{и}$, Ом, меньше требуемого R_z Ом, и определяется из выражения

$$R_{и} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3}, \quad (5.5)$$

Где R_e – сопротивление растеканию естественного заземлителя, Ом.

5. Выбор типа заземлителя и составление предварительной схемы заземляющего устройства

На основании данных о территории, на которой возможно размещение искусственного заземлителя, и значений $I_з$, $R_{и}$, ρ и др. выбирается тип заземляющего устройства – *выносной* или *контурный*.

Затем после выбора формы электродов (обычно стержневые и полосовые) их ориентировочно размещают на плане участка.

В установках с большими токами замыкания на землю размещение электродов должно обеспечить возможно полное выравнивание потенциала на площадке, занятой электрооборудованием. С этой целью заземлитель должен быть выполнен в виде горизонтальной сетки из проводников, уложенных в земле на глубине 0,5–0,8 м, и вертикальных электродов. При этом контурный электрод, образующий периметр сетки, должен охватывать как распределительные устройства, так и производственные здания и сооружения защищаемого объекта.

Продольные проводники сетки прокладываются вдоль рядов оборудования и конструкций со стороны обслуживания на расстоянии 0,8–1,5 м от оборудования и не более 6 м друг от друга. На участках, не занятых оборудованием, расстояние между продольными проводниками может быть увеличено до 12 м.

Поперечные проводники сетки прокладывают в удобных местах между оборудованием на расстоянии не более 12 м друг от друга.

В местах пересечения продольные и поперечные проводники надежно соединяются между собой с помощью сварки.

При расчете заземлителя по допустимому напряжению прикосновения (и шага) расстояние между продольными, а также между поперечными проводниками определяется расчетом.

Расстояние от границ заземлителя до ограды электроустановки с внутренней стороны должно быть не менее 3 м. Если заземлитель не размещается на ограждаемой территории, его расширяют за пределы территории электроустановки; при этом металлические части ограды и арматура стоек железобетонной ограды должны быть присоединены к заземлителю. Кроме того, должно быть обеспечено плавное снижение потенциала вблизи заземлителя путем укладки в землю на глубине 1,5 м проводника вокруг заземлителя на расстоянии 1 м от его границ.

6. Уточнение параметров заземлителя

На основании предварительной схемы заземлителя и имеющихся данных о расчетных удельных сопротивлениях грунта вычисляется расчетное сопротивление этого заземлителя R и результат сравнивается с ранее определенным расчетным значением требуемого сопротивления искусственного заземлителя $R_{и}$.

Если значения R и $R_{и}$ совпадают или, по крайней мере, отличаются незначительно, это свидетельствует о том, что все основные параметры принятого нами заземлителя – форма, размеры, размещение электродов

в земле и относительно друг друга выбраны правильно и, следовательно, напряжения прикосновения и шага находятся в допустимых пределах.

При значительных расхождениях в значениях R и $R_{и}$ необходимо внести поправки в предварительную схему заземлителя – изменить количество и размещение электродов, а иногда их размеры, площадь, занимаемую заземлителем, и т. п. и вновь произвести вычисление R .

Таким образом, вычисление $R_{и}$ является поперочным и производится путем постепенного приближения.

При расчете сложного заземлителя, состоящего из вертикальных и горизонтального электродов, в однородной земле способом коэффициентов использования вычисление $R_{и}$ производится в следующем порядке для конструкции УЗЗ (рис. 2):

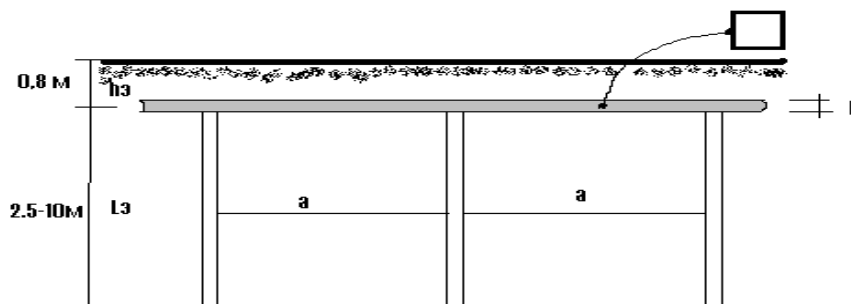


Рис. 2. Схема устройства искусственного группового заземления:

$L_{з}$, м – длина электрода; $d_{з}$, м – диаметр электрода; $h_{з}$, м – глубина заложения электрода; a , м – расстояние между электродами; b , см – ширина соединительной полосы; $h_{п}$, см – глубина заложения соединительной полосы; $L_{и}$, см – длина соединительной полосы

Длина соединительной полосы определяется по формуле:

для электродов, расположенных в ряд $L_{п} = a \cdot (n-1)$,

для электродов, расположенных по контуру $L_{п} = a \cdot n$,

где n – количество электродов.

Таким образом, расчет защитного заземления сводится к определению необходимого количества электродов, чтобы общее сопротивление защитного заземления не превышало допустимого по нормам.

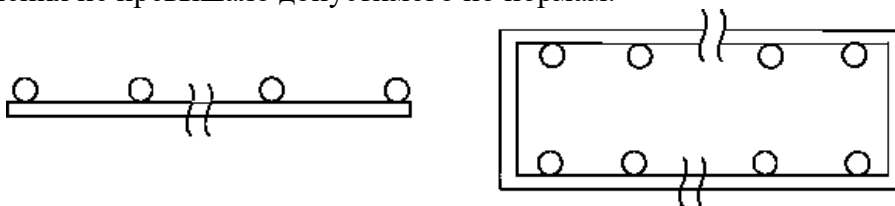


Рис. 3. План размещения УЗЗ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Определяем сопротивление стержневого электрода

$$R_{\text{э}} = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_B}{l_{\text{э}}} \left(\lg \frac{2 \cdot l_{\text{э}}}{d_{\text{э}}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot h_{\text{э}} + l_{\text{э}}}{4 \cdot h_{\text{э}} - l_{\text{э}}} \right), \text{ Ом либо}$$

$$R_{\text{э}} = \frac{\rho \cdot K_B}{2\pi l_{\text{э}}} \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\text{э}}}{d_{\text{э}}} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot h_{\text{э}} + l_{\text{э}}}{4 \cdot h_{\text{э}} - l_{\text{э}}} \right), \quad (5.6)$$

Примечание: если электрод из уголкового стали, то $d_{\text{э}} = 0,95 \cdot b$.

где b – ширина полки уголка, K_B – коэффициент сезонности вертикальных электродов равный 2.

1. Определяем предварительно количество электродов – n'

$$n' = \frac{R_{\text{э}}}{R_u}, \quad (5.7)$$

2. Зная расположение электродов (в ряд или по контуру), отношение расстояния между электродами к их длине и предварительно количество электродов, определяем коэффициент использования электродов (табл. 5.3).

3. Определяем окончательно потребное количество электродов – n ,

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{R_u \cdot \eta_{\text{э}}}, \quad (5.8)$$

4. Определяем длину соединительной полосы l_n , если электроды расположены в ряд:

$l_n = \alpha(n-1)$, м, если электроды расположены по контуру:

$$l_n = \alpha n, \text{ м.}$$

Предпочтительно длину соединительной полосы определять согласуя ее с размерами помещения, где установлено оборудование.

5. Определяем сопротивление соединительной полосы:

$$R_n = \frac{0,366 \cdot \rho \cdot K_{\Gamma}}{l_n} \cdot \lg \frac{2l_n^2}{h_n \cdot b}, \text{ либо,} \quad (5.9)$$

$$R_n = \frac{\rho \cdot K_{\Gamma}}{2\pi l_n} \cdot \ln \frac{2l_n^2}{h_n \cdot b}$$

где K_{Γ} – коэффициент сезонности горизонтальных электродов, равный 2

6. Определяем общее сопротивление контура защитного заземления

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{\text{э}} \cdot R_n}{R_{\text{э}} \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_{\text{э}} \cdot n}, \quad (5.10)$$

где η_n коэффициент использования, электродов (табл. 31)

$\eta_{\text{э}}$ коэффициент использования полосы (табл. 32).

7. Производим проверку выполнения условия

$$R_{\Sigma} \leq R_u$$

Таблица 31

Коэффициент использования электродов (η_ε) при отношении α/l

Количество электродов	Электроды в ряд			Электроды по контуру		
	3	2	1	3	2	1
5	0,87	0,80	0,63	–	–	–
10	0,83	0,70	0,55	0,78	0,67	0,50
20	0,77	0,62	0,47	0,72	0,60	0,43
30	0,75	0,60	0,40	0,71	0,59	0,42
50	0,73	0,58	0,38	0,68	0,52	0,37
100	–	–	–	0,64	0,48	0,33
200	–	–	–	0,61	0,44	0,30
300	–	–	–	0,60	0,43	0,28

Таблица 32

Коэффициент использования полосы (η_η) при отношении α/l

Количество электродов	Электроды в ряд			Электроды по контуру		
	3	2	1	3	2	1
5	0,90	0,85	0,72	0,71	0,50	0,41
10	0,79	0,70	0,59	0,55	0,39	0,33
20	0,65	0,55	0,40	0,44	0,32	0,27
30	0,57	0,45	0,30	0,40	0,30	0,23
50	0,49	0,35	0,21	0,37	0,27	0,21
70	0,46	0,33	0,19	0,35	0,25	0,20
100	–	–	–	0,33	0,24	0,19

Расчет сопротивления контурного заземлителя, состоящего только из горизонтальных электродов (решетка), в однородной земле может быть определено по приближенной формуле Оллендорфа — Лорана, Ом,

$$R_\Sigma = \frac{\rho}{2\pi \cdot L_\Gamma} \left(\ln \frac{L_\Gamma^2}{td} + m \right) \quad (5.11)$$

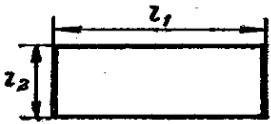
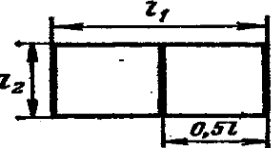
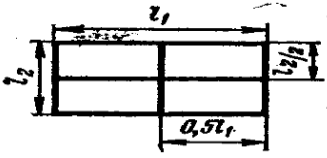
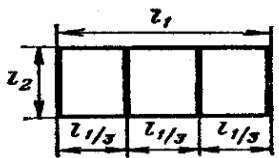
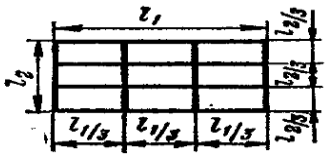
где, L_Γ – суммарная длина всех проводников, образующих решетку, м;

d – диаметр прутков круглого сечения, из которых выполнена решетка, м;

t – глубина размещения решетки, м;

m – коэффициент, зависящий от конфигурации решетки (см табл. 33)

Коэффициент t , учитывающий влияние конфигурации решётки

Отношение сторон решетки					
1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	
1,71	1,76	1,86	2,10	2,34	
3,67	3,41	3,31	3,29	3,35	
4,95	5,16	5,44	6,00	6,52	
4,33	4,43	4,73	5,04	5,61	
8,55	8,94	9,40	10,3	11,11	

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) (в редакции от 20.12.2017) / Министерство энергетики Российской Федерации. – 7-ое изд-е. – М.: Главгосэнергонадзор России, 2019. – 607 с.
2. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2020 N 61957)
3. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
4. ГОСТ 12.1.038 – 82. ССБТ. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

Приложение

Задание

Спроектировать защитное заземление для электроустановки с изолированной нейтралью, напряжением 380В и мощностью P кВА. В качестве электродов искусственного заземления использовать трубы диаметром $d_э$ см, длиной $l_э$ м, заложенные вертикально на глубине $h_э$ м и соединенные металлической полосой ширины b см.

Таблица 34

Варианты задания

№ варианта	Грунт	Климат. зона	P , кВА	$l_э$, м	$d_э$, см	$h_э$, м	B , см
1	Каменистый	I	20	1,8	20	2	10
2	Сухой песок	I	50	1,6	15	2	5
3	Влажный песок	I	110	1,6	15	1,5	10
4	Супесок	II	80	2,0	10	1,5	5
5	Чернозем	I	120	1,4	10	1	5
6	Суглинок	I	70	1,4	5	1	5
7	Глина	II	150	2,0	10	2	10
8	Супесок	II	80	2,0	20	2	10
9	Чернозем	II	70	1,6	25	1,6	10
10	Суглинок	III	90	1,8	10	1,6	10
11	Чернозем	III	110	1,5	5	1	5
12	Чернозем	I	120	2,0	5	2	5
13	Супесок	II	150	2,0	10	2	10
14	Глина	I	20	1,5	5	1	5
15	Влажный песок	I	30	1,6	15	2	15
16	Влажный песок	II	110	2,0	10	2	10
17	Суглинок	III	130	1,0	10	1	10
18	Суглинок	I	150	1,0	5	2	5
19	Каменистый	III	90	2,0	20	1,5	15
20	Суглинок	I	110	2,0	0	2	5
21	Супесок	I	110	2,0	15	2	10
22	Суглинок	III	120	1,8	10	1,4	5
23	Суглинок	I	90	1,0	10	1	5
24	Глина	I	105	2,0	5	2	5
25	Суглинок	II	120	2,0	10	1,5	5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЪЕМА ВЗРЫВООПАСНОЙ СМЕСИ

Расчетный объем взрывоопасной смеси определяют:

- а) при аварии одного из аппаратов, когда в помещение может поступить наибольшее количество наиболее опасного вещества;
 - б) при выходе наружу всего содержимого аппарата, когда часть продукта удаляется в аварийные емкости системой слива;
 - в) при одновременной утечке продуктов из питающих трубопроводов в течение времени, необходимого для их отключения; при автоматическом отключении—2 мин, при ручном—5 мин;
 - г) при испарении разлившегося продукта с площади, равной площади зеркала жидкости, а при свободном разливе из условия, что 1 л смесей и растворов, содержащих до 70% растворителей, разливается на 0,5 м², а остальных жидкостей—на 1 м² пола помещения;
 - д) при испарении жидкости из открытых в нормальных условиях емкостей, а также со свежеокрашенных поверхностей;
 - е) при испарении жидкости или сжиженного газа до их полного испарения, но не более чем в течение 1ч;
 - ж) при достижении нижнего концентрационного предела воспламенения вещества с учетом коэффициента запаса, равного 1,5;
- для свободного объема производственного помещения, т. е. 1 объема, не занятого аппаратами, оборудованием и строительными конструкциями.

Расчетный объем взрывоопасной смеси $V_{см}$

$$V_{см}=1,5E/C, \text{ м}^3;$$

где E — количество поступившего в помещение вещества, г; C — нижний концентрационный предел воспламенения вещества, г/м³; 1,5 — коэффициент запаса.

Определение категории производств, опасных по взрыву горючих газов и паров жидкостей, производят в такой последовательности:

- определяют объем, в котором вышедший из аппарата и испарившийся продукт может образовать взрывоопасную концентрацию на нижнем пределе воспламенения с учетом коэффициента запаса;
- устанавливают свободный объем производственного помещения с учетом заполнения объема оборудованием;
- по величине расчетного объема взрывоопасной смеси устанавливают процент заполнения свободного объема помещения;
- если расчетный объем газозадушной смеси превышает 5% свободного объема помещения, то производство относят к взрыво- или взрывопожароопасной категории;
- при объеме взрывоопасной паровоздушной смеси, способной заполнить более 5% объема помещения, находят время испарения продукта $T_{и}$ в количестве, достаточном для образования взрывоопасной смеси в 5% объема помещения:

$$T_{и} = 0,18 \times P_x \times C_x \times K / (I_x \times R_x \times F_x \sqrt{M}),$$

где 0,18—суммарный коэффициент, учитывающий неравномерность распределения паров; П—свободный объем помещения, m^3 , С—нижний концентрационный предел воспламенения вещества, $г/м^3$; К – коэффициент, К=1 при отсутствии вентиляции; И—коэффициент, учитывающий влияние скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения (Р — давление паров, принимаемое по температуре, равное средней арифметической температуре поверхности жидкости и воздушной среды помещения, Па; М — молекулярная масса продукта, г; Ф — площадь испарения жидкости, m^2 .

Согласно НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» [1] при определении времени образования взрывоопасной паровоздушной смеси без учета аварийной вентиляции принимают, что воздушная среда в зоне испарения неподвижна и коэффициент И=1.

При учете влияния аварийной вентиляции на условия воздухообмена в помещении скорость движения воздуха в зоне испарения должна приниматься по расчету, но не более 1 м/с.

Таблица 35

Значение коэффициента

Скорость воздушного потока в помещении, м/с	Температура воздуха в помещении, °С				
	10	15	20	30	35
0	1	1	1	1	1
0,1	3	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	8,7	7,7	5,6	4,6

Эффективность работы аварийной вентиляции при оценке взрывопожароопасности производств следует учитывать, если вентиляция обеспечена автоматическим пуском и электроснабжением по первой категории надежности. В этом случае величина свободного объема помещения умножается на коэффициент К, определяемый по формуле:

$$K = AT + 1,$$

где А — кратность воздухообмена, создаваемая аварийной вентиляцией; Т - продолжительность аварии, ч.

Если время образования взрывоопасной паровоздушной смеси в 5% объема помещения менее 1 ч, рассматриваемое производство должно быть отнесено к категории взрывопожароопасных. Если взрывоопасная газо- или паровоздушная смесь не может образоваться в объеме, превышающем 5% объема помещения, или время ее образования более 1 ч, категорию производства определяют исходя из свойств веществ, обращающихся в производстве. В этом случае часть объема помещения, где не исключается возможность образования взрывоопасных смесей, должна считаться взрывоопасной.

Если в производстве выделяется пыль, нижний концентрационный предел воспламенения которой равен $65 г/м^3$ и менее, то производство, как правило, следует относить к взрывопожароопасным категории Б.

Пример 1. В помещении цеха, где производится очистка поверхностей, их обезжиривание и окраска изделий, имеются три емкости, содержащие растворители. В одной емкости ксилол 500 л, в другой — ксилол 300 л и в третьей—ацетон 120 л. Ксилол – $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_4$, ацетон – CH_3COCH_3 . Свободный объем помещения $V_{\text{пом}} = 25000 \text{ м}^3$; максимальная температура воздуха в помещении цеха $-(+25^\circ\text{C})$; температура растворителя – $(+25^\circ\text{C})$; нижний концентрационный предел воспламенения ксилола $C = 49,77 \text{ г/м}^3$; ацетона $C = 52 \text{ г/м}^3$; плотность ксилола $0,881 \text{ г/см}^3$; ацетона — $0,792 \text{ г/см}^3$; молекулярная масса ксилола $M = 106 \text{ г}$; ацетона $M = 58,08 \text{ г}$. Вентиляция не работает.

Требуется определить, к какой категории по взрывопожароопасности следует отнести данное производство.

За аварийную принимается следующая ситуация: произошла авария одной из емкостей и вся жидкость, вылилась наружу и испаряется.

Так как в двух емкостях содержатся разные растворители, необходимо провести расчет по обоим растворителям и за результат принять более жесткий из вариантов.

Расчет ведется на аварийный разлив ксилола из большей по объему емкости и ацетона. Количество ксилола, разлившегося по полу $500 \times 0,881 = 440 \text{ кг}$, площадь испарения $F_{\text{кс}} = 500 \text{ м}^2$. Количество ацетона, разлившегося по полу $150 \times 0,794 = 119 \text{ кг}$; площадь испарения $F_{\text{ац}} = 150 \text{ м}^2$.

Определяем расчетные объемы взрывоопасной паровоздушной смеси, в которых вышедшие из аппарата ксилол и ацетон (каждый в отдельности) могут образовать взрывоопасную смесь с концентрацией на нижнем пределе воспламенения:

для ксилола

$$V_{\text{см кс}} = 1,5 \times E_{\text{кс}} / C_{\text{кс}} = 1,5 \times 440000 / 49,77 = 13300 \text{ м}^3;$$

для ацетона

$$V_{\text{см ац}} = 1,5 \times E_{\text{ац}} / C_{\text{ац}} = 1,5 \times 95000 / 52 = 2740 \text{ м}^3;$$

$$\% = 13300 / 25000 \times 100 = 53 \%;$$

$$\% = 2740 / 25000 \times 100 = 11 \%;$$

Так как объем смеси в каждом из обоих случаев превышает 5 % свободного помещения, необходимо определить время образования взрывоопасной смеси в 5 % объема помещения:

$$T_{\text{и (ацетон)}} = 0,18 \times 25000 \times 52 \times 1 / 1 \times 26000 \times 150 \times \sqrt{58} = 0,001 \text{ ч (3,7 секунды)}.$$

Из-за большей взрывоопасности по ацетону и в соответствии со СП 56.13330.2021 Производственные здания [2] следует, что рассматриваемое производство необходимо отнести к взрывопожароопасной категории А.

Расчет необходимо проверить по избыточному давлению предполагаемого взрыва ΔP , которое не должно превышать 5 Кпа.

$$\Delta P = 80 \times E_{\text{x}} (1 + 4,84\beta) / V_{\text{пом}} \times \rho_{\text{возд}},$$

где $\rho_{\text{возд}}$ – удельная масса воздуха, равная $1,29 \text{ кг/м}^3$, β – стехиометрический коэффициент кислорода при горении,

$\beta = n_{\text{с}} + (n_{\text{н}} - n_{\text{г}}) / 4 - n_{\text{о}} / 2$, где $n_{\text{с}}$, $n_{\text{н}}$, $n_{\text{г}}$, $n_{\text{о}}$ – число атомов С, Н, Галогена, и О в молекуле легко-воспламеняющейся жидкости.

ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

В помещении цеха, где производится очистка поверхностей, их обезжиривании и окраска поверхностей, имеются 2 ёмкости, содержащие растворители. Свободный объём помещения – $V_{пом}$, высота помещения – 5 м. Максимальная температура воздуха в помещении пеха – $t_{п}$ равна температуре растворителя – $t_{рас}$ и равна 25°C.

1-ая ситуация

Произошла аварийная разгерметизация одной из емкостей и вся жидкость вытекла на пол и испаряется. Вентиляция не работает.

Так как в двух ёмкостях содержатся разные растворители, необходимо провести расчет по обоим растворителям и принять более жесткий результат из вариантов.

1 литр растворителя разливается на площадь, равную 1 м².

Необходимо определить категорию производства по взрывопожароопасности.

2-ая ситуация

Исходные данные те же. Аварийная вентиляция с кратностью воздухообмена А и подвижностью воздушной среды V включена.

Определить категорию производства по взрывопожароопасности.

Таблица 36

Варианты индивидуальных заданий

№	$V_{помещения}, м^3$	$V_{ксилол}, л$	$V_{ацетон}, л$	Ум/с	А
1	20000	120	30	0.1	1.5
2	19000	115	28	0.1	1.5
3	18000	110	26	0.1	1.5
4	17000	105	24	0.1	1.5
5	16000	100	22	0.1	1.5
6	15000	95	20	0.2	2
7	14000	90	18	0.2	2
8	13000	85	16	0.2	2
9	12000	80	14	0.2	2
10	11000	75	12	0.2	2
11	10000	70	10	0.3	2.5
12	9000	65	29	0.3	2.5
13	8000	60	38	0.3	2.5
14	7000	55	37	0.3	2.5
15	6000	50	36	0.3	2.5
16	5000	45	35	0.5	4
17	4000	40	34	0.3	2.5
18	3000	35	33	0.3	2.5
19	2000	30	32	0.3	2.5
20	1000	25	31	0.3	2.5
21	850	20	9.5	1	0.6
22	750	15	8.5	1	0.6
23	650	10	7.5	1	0.6
24	5500	150	6.5	1	0.6
25	4500	140	5.5	1	0.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на категории согласно Федеральному закону N 117-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями на 14 июля 2022 года) Статья 27. [3] Определение категории зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности.

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1-В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

2. Здания, сооружения и помещения иного назначения разделению на категории не подлежат.

3. Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов.

4. Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

5. К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 градусов Цельсия в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

6. К категории Б относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 градусов Цельсия, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.

7. К категориям В1-В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б.

8. Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 (табл.37) осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

Таблица 37

Категории помещений по взрывной и пожарной опасности

Категория	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж \times м ⁻²	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401 — 2200	См. п. 3.20
В3	181 $\frac{3}{4}$ 1400	То же
В4	1 $\frac{3}{4}$ 180	На любом участке пола помещения площадью 10 м ² . Способ размещения участков пожарной нагрузки определяется согласно п. 3.20

9. К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обрабатываются) негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

10. К категории Д относятся помещения, в которых находятся (обрабатываются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

11. Категории зданий и сооружений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из доли и суммированной площади помещений той или иной категории опасности в этом здании, сооружении.

12. Здание относится к категории А, если в нем суммированная площадь помещений категории А превышает 5 процентов площади всех помещений или 200 квадратных метров.

13. Здание не относится к категории А, если суммированная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

14. Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А и суммированная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений или 200 квадратных метров.

15. Здание не относится к категории Б, если суммированная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

16. Здание относится к категории В, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А или Б и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 превышает 5 процентов (10 процентов, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений.

17. Здание не относится к категории В, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2 и В3 в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 квадратных метров) и эти помещения оснащаются установками автоматического пожаротушения.

18. Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены следующие условия: здание не относится к категории А, Б или В и суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г превышает 5 процентов суммированной площади всех помещений.

19. Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25 процентов суммированной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 5000 квадратных метров) и помещения категорий А, Б, В1, В2 и В3 оснащаются установками автоматического пожаротушения.

20. Здание относится к категории Д, если оно не относится к категории А, Б, В или Г.

21. Методы определения классификационных признаков отнесения зданий и помещений производственного и складского назначения к категориям по пожарной и взрывопожарной опасности устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

22. Категории зданий, сооружений и помещений производственного и складского назначения по пожарной и взрывопожарной опасности указываются в проектной документации на объекты капитального строительства и реконструкции.

Литература

1. НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»
2. СП 56.13330.2021 Производственные здания
3. Федеральный закон N 117-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями на 14 июля 2022 года)

Эвакуация людей из зданий и помещений

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ

В соответствии с требованиями СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» [1] в качестве эвакуационные пути должны обеспечивать эвакуацию всех людей, находящихся в помещениях зданий и сооружений, в течение необходимого времени эвакуации. Время, в течение которого все люди могут выйти из помещения или из здания, определяют расчетом и называют расчетным. Время, в течение которого еще возможна эвакуация людей в безопасных условиях, называют необходимым временем эвакуации и определяют по таблицам, приведенным в прилож. 1 СП 112.13330.2011 (СНиП 21-01-97), имеющий на 2022 год актуализированную редакцию.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей из помещений и зданий расчетное время эвакуации t_p должно быть меньше необходимого времени эвакуации людей $t_{нб}$: $t_p \leq t_{нб}$.

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий определяют исходя из протяженности эвакуационных путей и скорости движения людских потоков на всех участках пути от наиболее удаленных мест до эвакуационных выходов.

При расчете весь путь движения людского потока делят на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш) длиной l_i и шириной σ_i .

Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел, столами и т. п. Длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимается по проекту. Путь по лестничной клетке определяется длиной маршей. Длина пути в проеме принимается равной нулю при толщине стены менее 0,7 м.

Расчетное время эвакуации людей t_p определяют как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_n.$$

Время движения людского потока по первому участку пути:

$$t_1 = l_1 / v_i,$$

где v_i – скорость движения людского потока.

Плотность потока на этом участке пути D_1 определяют по формуле:

$$D_1 = N_1 \cdot x_f / (l_1 \cdot x \sigma_1),$$

где N_1 – число людей на первом участке; f – средняя площадь горизонтальной проекции человека: взрослого в летней одежде 0,1 м², взрослого в зимней одежде – 0,125 м², σ_1 – ширина потока, l_1 – длина участка движения.

Значение скорости движения потока людей в зависимости от плотности D приведено в табл. 1. Там же даны зависимости интенсивного людского потока q от его плотности и скорости движения.

Интенсивность движения людского потока $q = D \times v$, 1/мин или чел/мин.

Интенсивность движения не зависит от ширины потока и является функцией плотности.

Пропускная способность потока, $Q = D \times v \times \sigma l$, м²/мин.

Величину скорости движения людского потока v_1 на участках пути, следующих после первого, принимают по табл. 1 в зависимости от интенсивности движения потока. Интенсивность движения потока по каждому из участков

$$q_i = q_{i-1} \times \sigma_{i-1} / \sigma_i,$$

где σ_i, σ_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего $i-1$ -му участку пути, м; q_i, q_{i-1} – значения интенсивности движения потока по рассматриваемому i и предшествующему $i-1$ участкам пути, м/мин.

Если q_i меньше или равно q_{max} , то время движения на участке пути следует определять по формуле:

$$t_i = l_i / v_i, \tag{8.5}$$

При этом значение q_{max} следует принимать равным, м/мин:

- Для горизонтальных участков - 16,5
- дверных проемов - 19,6
- лестницы вниз - 16
- вверх - 11

Если значение q_i больше q_{max} , то ширину σ_i данного участка пути следует увеличить так, чтобы соблюдалось условие $q_i \leq q_{max}$.

При невозможности выполнения этого условия интенсивность и скорость движения потока по участку пути i определяют по табл. 2 при значении $D = 0,9$.

При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков интенсивность движения определяют по формуле:

$$q_i = \sum q_{i-1} \times \sigma_{i-1} / \sigma_i, \tag{8.6}$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка i , м/мин; σ_{i-1} – ширина участков пути до слияния, м; σ_i – ширина рассматриваемого i участка пути, м.

Если значение q_i больше q_{max} , то ширину σ_i данного участка пути следует увеличить.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ

Необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$, из помещений производственных зданий I и II степени огнестойкости принимают по табл. 2.

Необходимое время эвакуации людей с балконов, а также трибун, размещенных выше отметки, равной половине высоты помещения, уменьшается вдвое по сравнению с данными, приведенными в табл. 2.

Необходимое время эвакуации людей из помещений в зданиях III и IV степени огнестойкости, приведенное в табл. 2, уменьшается на 30 %, а из помещений в зданиях V степени огнестойкости на 50 %.

Таблица 38

Значения скорости и интенсивности движения людского потока по горизонтальному пути в зависимости от плотности

Плотность потока D , чел $\frac{м^2}{м^2}$	Горизонтальный путь		Дверной проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость v , м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100	1	1	100	1	60	0,6
0,05	100	5	5	100	5	60	3
0,1	80	8	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12	1	68	1	40	8
0,3	47	1	1	52	1	32	9,6
0,4	40	16	1	40	16	26	10,4
0,5	33	1	1	31	1	22	11
0,6	27	1	19	24	1	18	10,8
0,7	23	1	1	18	1	15	10,5
0,8	19	1	1	13	1	13	10,4
0,9 и более	15	3,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Необходимое время эвакуации людей из зданий 1 и 2 степени огнестойкости

Помещения	Необходимое время эвакуации, мин. при объеме				
	до 5	10	20	40	6
Зрительные залы в театрах, клубах, домах культуры и другие залы с колосниковой сценой; торговые залы универсальных магазинов;	,5	2	,5	,5	-
Зрительные, концертные, лекционные залы и залы собраний, выставочные и др. без колосниковой сцены (кинотеатры, крытые спортивные сооружения, цирки, столовые)	2	3	,5	4	,5

Время эвакуации людей из залов, фойе и коридоров, обслуживающих залы, принимают равным времени, необходимому для эвакуации людей из залов, приведенному в табл. 2, увеличенному на 1 мин. При этом следует учитывать, что эвакуация из всех помещений начинается одновременно.

Необходимое время эвакуации людей из зданий театров, клубов, дворцов культуры и других зданий с колосниковой сценой, а также из зданий кинотеатров, киноконцертных зданий, крытых спортивных сооружений, цирков, универмагов и столовых принимается: для зданий I и II степени огнестойкости – 6 мин, III и IV степени огнестойкости – 4 мин, V степени огнестойкости – 3 мин.

Для зрительных залов без колосниковой сцены, объем которых превышает 60 тыс. м³, необходимое время эвакуации людей $t_{нб}$ следует определять по формуле

$$t_{нб} = 0,11 \cdot 5V^{1/3}, \quad (8.7)$$

где V – объем помещения, м³.

При этом необходимое время эвакуации людей должно быть не более 6 мин, а число эвакуирующихся на один выход из зала не должно превышать 600 чел.

Необходимое время эвакуации людей из амфитеатров, ярусов или балконов уменьшается в зависимости от высоты зала: на 35 % – при размещении эвакуационных выходов по середине высоты, на 65 % – на отметке, равной 0,8 высоты зала. Максимальная высота размещения эвакуационных выходов в зале не должна превышать 22 м. Время эвакуации людей из зданий не должно превышать 10 мин.

При размещении эвакуационных выходов из зала на промежуточной высоте зала необходимое время эвакуации людей следует определять по интерполяции.

Выходы из зала, а также входы в лестничные клетки должны иметь автоматически закрывающиеся дымонепроницаемые двери.

В помещениях фойе каждые 2200 м² площади должны отделяться противопожарными перегородками с противопожарными дверями.

Помещения для зрителей должны иметь оконные проемы или дымовые шахты с ручным и автоматическим открыванием, общая площадь сечения которых, определяемая по расчету, должна быть не менее 0,2 % площади пола помещения.

Для зданий с такими залами должны предусматриваться центры управления для регулирования процесса движения людей при пожаре с организационной техникой (магнитофонами, радиотрансляцией, аварийно-спасательной сигнализацией); эвакуационные пути и выходы должны быть оборудованы световыми указателями и эвакуационным освещением.

В общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий I, II, III степеней огнестойкости с коридорами, служащими для эвакуации людей, необходимое время для эвакуации людей $t_{нб}$ от дверей наиболее удаленных помещений до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку принимают: от помещений, расположенных между двумя лестничными клетками или наружными выходами – 1 мин; от помещений с выходом в тупиковый коридор – 0,5 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

В общественных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости необходимое время эвакуации людей по лестницам следует принимать: для зданий высотой до 5 этажей включительно – 5 мин; для зданий высотой свыше 5 до 9 этажей – 10 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Необходимое время эвакуации людей по незадымляемым лестничным клеткам (с входом через воздушную зону, с подпором воздуха или входом через тамбур-шлюз с подпором воздуха) не нормируется.

Необходимое время эвакуации людей из помещений производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости принимают по табл.3 в зависимости от категории производства по взрыво- и пожароопасности и объема помещений.

Таблица 40

Необходимое время эвакуации, мин., из производственных зданий I, II и III степеней огнестойкости

Категория	Объем помещений, тыс. м ³				
	До	30	40	50	60 и
А,Б	0,5	0,75	1	1,5	1,75
В	1,25	2		2,5	3
Г,Д	Не ограничивается				

Для производственных зданий промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости с коридорами, служащими для эвакуации людей,

необходимое время эвакуации людей от дверей наиболее удаленных помещений до выхода наружу или в ближайшую лестничную клетку принимают:

– от помещений, расположенных между двумя лестничными клетками или наружными выходами для зданий с категориями производства А, Б – 1 мин.; с категорией В – 2 мин.; с категориями Г и Д – 3 мин.;

– от помещений с выходом в тупиковый коридор – 0,5 мин. Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Необходимое время эвакуации людей по лестницам из производственных зданий промышленных предприятий I, II и III степеней огнестойкости следует принимать:

для зданий высотой до 5 этажей включительно – 5 мин; для зданий с производствами категорий В, Г и Д высотой свыше 5 и до 9 этажей – 10 мин.

Для зданий IV степени огнестойкости необходимое время эвакуации людей уменьшается на 30 %, а для зданий V степени огнестойкости – на 50 %.

Необходимое время, эвакуации людей по незадымляемым лестничным клеткам (с входом через воздушную зону с подпором духа или входом через тамбур-шлюз с подпором воздуха), не регламентируется.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

Определить расчетное время эвакуации людей из производственного помещения, расположенного на втором этаже. Помещение состоит из двух одинаковых отделений, в которых промышленное оборудование расположено рядами (рис. 1). Объем каждого отделения 3300 м³, площадь отделения 782 м², площадь, занимаемая оборудованием 200 м². Ширина маршей лестничных клеток и дверей входа в лестничную клетку на отметке 3,60 и выхода из нее на отметке 000 равна 2,4 м. Здание II степени огнестойкости. Так как производство имеет симметричную планировку, достаточно выполнить расчет времени эвакуации для одного отделения, например отделения 2.

Путь эвакуации от наиболее удаленной от выхода точки до выхода наружу состоит из восьми участков в пределах которых ширина пути и интенсивность движения может быть принята неизменной. Людские потоки из проходов сливаются с потоком,двигающимся по сборному проходу, и направляются через лестничную клетку наружу. Ширина каждого из шести проходов 4 м, длина их, включая путь движения от стены, составляет 1 = 42 м. Участки 2-6 имеют длину по 3 м, ширину 4 м, участок 7 имеет длину 2 м, ширину 4 м. Для расчета необходимо знать возможное число людей в секции. Согласно СНиП 21-01-97 на одного человека приходится 1,35 м², следовательно, расчетное число людей составляет

$$N = F_{\text{секции}} / 1,35 = 782/1,35 = 579 \text{ чел.}$$

Средняя плотность людского потока

$$D_{\text{ср}} = N \times f / (F_{\text{секц}} - F_{\text{оборуд}}) = (579 \times 0,125 / (782 - 200)) =$$

,12.

Определяем время прохождения каждого участка пути.

Участок 1 (проход) $D_1 = D_{ср} = 0,12$; $l_1 = 42$ м; по табл. 1 $q_1 = 9$ м/мин; $V_1 = 75$ м/мин; $t_1 = 42/75 = 0,56$ мин.

Участок 2 (расширение пути) $q_2 = q_1 \times \sigma_1/\sigma_2 = 9 \times 2/4 = 4,5$ м/мин; $v_2 = 100$ м/мин; $t_2 = 3/100 = 0,03$ мин.

Участок 3 (слияние потоков). Интенсивность движения во всех потоках принимается одинаковой:

$$q_3 = (q_2 \times \sigma_2 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_3 = (4,5 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 9$$

м/мин; $v_3 = 75$ м/мин; $t_3 = 3/75 = 0,04$ мин.

Участок 4 (слияние потоков).

$q_4 = (q_3 \times \sigma_3 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_4 = (9 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 13,5$ м/мин; $v_4 = 48$ м/мин; $t_4 = 3/48 = 0,06$ мин.

Участок 5 (слияние потоков).

$$Q_5 = (q_4 \times \sigma_4 + q_1 \times \sigma_1) / \sigma_5 = (13,5 \times 4 + 9 \times 2) / 4 = 18$$

м/мин

$$q_{\max} = 16,5 \text{ м/мин.}$$

Следовательно, на участке 5 и тем более на участках 6 и 7 возникает скопление людей, причем ширина участков 5, 6 и 7 одинакова и составляет 4 м, а участком, лимитирующим пропускную способность эвакуационного пути, является дверь на марш лестницы шириной 2,4 м, так как интенсивность движения при скоплении по маршруту лестницы меньше интенсивности движения в дверном проеме.

Время эвакуации на участках 5-7, на которых к основным потокам добавляется три потока из проходов, с учетом задержки движения у лестничного марша равно:

$$t_{5-7} = l_{5-7}/v_{ск} + Nf(1/q_{ск} \times \sigma_{марш} - 1/(q_4 \times \sigma_4 + 3q_1 \times \sigma_1)) = 8/33 + 579 \times 0,125 \times (1/(19,6 \times 2,4) - 1/(13,5 \times 4 + 3 \times 9 \times 2)) = 0,24 + 0,87 = 1,11 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации людей из зала $t_p = \sum t_i = 1,79$ мин., т. е. $t_p > t_{нб} = 1,7$ мин. (см. табл. 2).

Условие безопасности не выполняется, следовательно, проект нуждается в переработке.

Пример варианта, переработанного с целью обеспечения безопасной эвакуации людей, показан на рис. 2.

В этом варианте из отделения предусмотрено два эвакуационных выхода шириной 2,4 м на наружный балкон. Ширина балкона принята 4 м для размещения всех эвакуирующихся. При этом на каждого человека приходится около 0,4 м², что в два раза превышает установленную норму площади для разгрузочных площадок. С балкона на уровень земли ведут эвакуационные лестницы шириной 2,4 м с обеих сторон здания (для 2-х отделений).

Определим расчетное время эвакуации через выход А.

Участок 1 такой же, как в предыдущем варианте планировки, следовательно:

$$q_1 = 9 \text{ м/мин;}$$

$$v_1 = 75 \text{ м/мин; } t_1 = 42/75 = 0,56 \text{ мин.}$$

Участок 2 характеризуется слиянием трех потоков из проходов в сборном проходе при движении к выходу. Интенсивность движения на этом участке: $q_2 = \Sigma 1^3 q_1 \times \sigma_1 / \sigma_2 = 3 \times 9 \times 2/4 = 13,5$ м/мин; при такой незначительной интенсивности движения

$$v_1 = 55 \text{ м/мин}; t_1 = 4/55 = 0,08 \text{ мин.}$$

Интенсивность движения в дверном проёме

$$q_{дв} = q_2 \times \sigma_2 / \sigma_{дв} = 13,5 \times 4/2,4 = 22,5 \text{ м/мин} > q_{max} = 19,6 \text{ м/мин.}$$

Перед дверями скапливаются люди, движение задерживается. Время задержки:

$$\Delta t = N_{дв} \times f \times (1/ q_{дв} \times \sigma_{дв} - 1/ q_2 \times \sigma_2) = 579/2 \times 0,125 \times (1/19,6 \times 2,4 - 1/13,5 \times 4) = 0,77 \text{ мин.}$$

Расчетное время эвакуации:

$$t_p = 0,56 + 0,08 + 0,77 = 1,41 \text{ мин} < t_{нб} = 1,7 \text{ мин.}$$

Условие безопасности при новом, переработанном варианте планировки соблюдается.

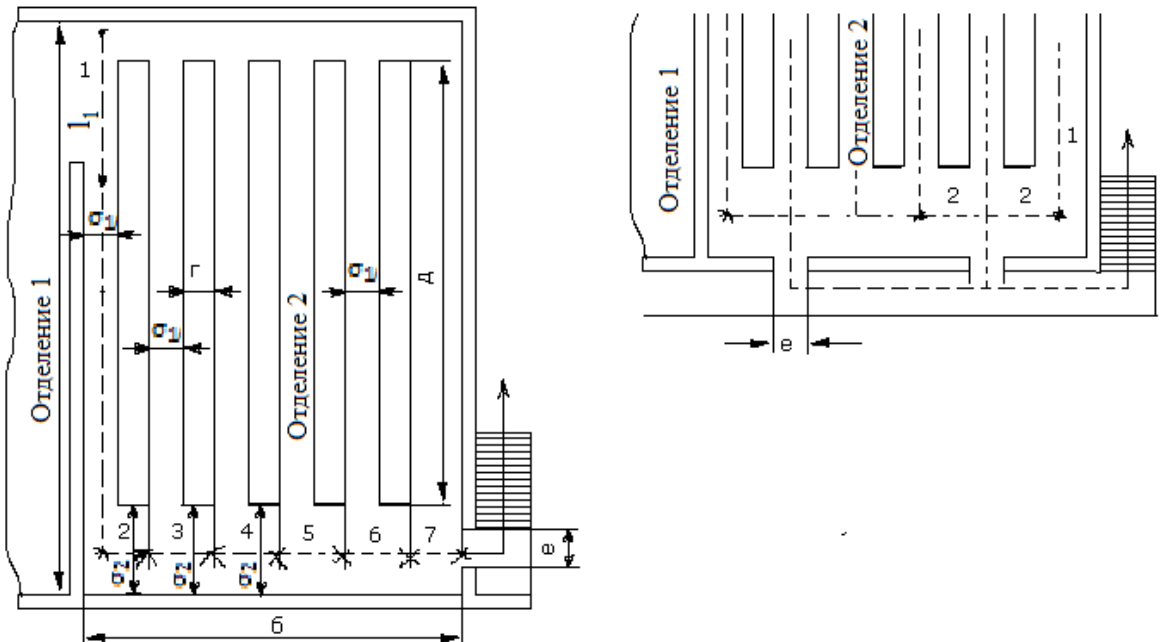


Рис. 8.1. Расчетные схемы планировки универсама.

а) – исходная; б) – переработанная по результатам расчетов; 1,2,...7 – участки пути; а, б, г, д, е – размеры помещения, оборудования, дверных проемов в метрах, ширина коридора на выход везде одинакова и равна 4 м.

Приложение

Варианты задания

Вариант	Объем помещения, м ³	а, м	б, м	в, м	г, м	д, м	е, м
1	3000	30	21	2,0	1,8	24	2,2
2	3000	32	21	2,0	1,8	26	2,2
3	3000	34	21	2,0	1,8	28	2,2
4	3000	36	21	2,0	1,8	30	2,2
5	3000	38	21	2,0	1,8	32	2,2
6	4000	40	21	2,5	2,3	34	2,3
7	4000	42	21	2,5	2,3	36	2,3
8	4000	44	21	2,5	2,3	38	2,3
9	4000	46	21	2,5	2,3	40	2,3
10	4000	48	21	2,5	2,3	42	2,3
11	5500	50	32	3,0	2,8	44	2,4
12	5500	52	32	3,0	2,8	46	2,4
13	5500	54	32	3,0	2,8	48	2,4
14	5500	56	32	3,0	2,8	50	2,4
15	5500	58	32	3,0	2,8	52	2,4
16	6000	60	28	2,2	2,0	54	2,5
17	6000	62	28	2,2	2,0	56	2,5
18	6000	64	28	2,2	2,0	58	2,5
19	6000	68	28	2,2	2,0	62	2,5
20	6000	70	28	2,2	2,0	64	2,5
21	10000	72	28	2,8	2,5	66	2,6
22	10000	74	28	2,8	2,5	68	2,6
23	10000	76	28	2,8	2,5	70	2,6
24	10000	78	28	2,8	2,5	72	2,6
25	10000	80	28	2,8	2,5	74	2,6
26	4500	40	28	2,5	2,3	34	2,3
27	4500	42	28	2,5	2,3	36	2,3
28	4500	44	28	2,5	2,3	38	2,3

Литература

1. СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»

ЗАЩИТА НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Раздел «Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях» дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» посвящен изучению чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени, существующему порядку обеспечения безопасности людей в условиях действия опасных факторов ЧС. Важной составляющей действий при ЧС является обеспечение устойчивости работы предприятий или восстановление их функционирования.

Данная работа имеет своей целью дать студентам знания о способах и принципах защиты населения в условиях ЧС различного рода, а также практику по расчету и определению:

- размеров очага ядерного поражения и зон радиоактивного заражения.
- радиационной обстановки в зоне радиоактивного заражения.
- Размеров зон химического заражения от АХОВ (составить схему).
- Устойчивости работы объекта к воздействию поражающих факторов ядерного взрыва и принятия решения на ведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР).

Термины и понятия

Авария	– происшествие в технической системе, не сопровождающееся гибелью людей, при котором восстановление технических средств невозможно или экономически невыгодно.
АХОВ	- Аварийно-химическое отравляющее вещество.
Гражданская оборона	– система общегосударственных оборонных мероприятий, осуществляемых в мирное и военное время при возникновении ЧС для защиты населения, а также проведения АСДНР.
Катастрофа	– происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей или пропажей без вести людей.
Очаг поражения	– это территория, на которой под воздействием поражающих факторов ЧС произошли массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений, повреждения, разрушения зданий и сооружений.
Очаг химического поражения (ОХП)	– территория, над которой распространялось облако, зараженное отравляющими веществами (АХОВ) с концентрациями, превышающими ПДК.
Очаг ядерного поражения (ОЯП)	– характеризуется следующими поражающими факторами: избыточное давление (степень разрушения); электромагнитный импульс (ЭМИ); световой импульс; радиоактивное заражение.
СДЯВ	– сильно действующее ядовитое вещество.
Устойчивость работы предприятия	– способность предприятия выпускать продукцию при возникновении ЧС и быстрое

<p>Чрезвычайные ситуации (ЧС)</p>	<p>восстановление нарушений в работе при их возникновении.</p> <p>– это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, значительные материальные потери или нарушение условий жизнедеятельности людей..</p>
<p>Эпицентр взрыва</p>	<p>Это проекция центра взрыва на землю.</p>
<p>Отдельный пожар</p>	<p>Пожар, охватывающий один дом или группу зданий.</p>
<p>Сплошной пожар</p>	<p>Массовый пожар, когда огнем охвачено более 90% зданий.</p>
<p>Световое излучение</p>	<p>Представляет собой поток лучистой энергии, включающий ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые лучи, наиболее выражено при ядерном воздушном взрыве.</p>

Основные группы задач гражданской обороны (ГО) и чрезвычайных ситуаций (ЧС)

- защита населения;
- повышение устойчивости функционирования экономики в ЧС;
- ликвидация последствий ЧС (аварийно-спасательные и другие неотложные работы - АСДНР);
- организация управления защитными мероприятиями ГО;

Организационная структура ГО на объекте экономики (ОЭ)

Руководитель ОЭ является начальником ГО (НГО) объекта. При нем создается штаб во главе с начальником штаба, который является его заместителем (первым). Кроме того, имеются и другие заместители:

- по эвакуации;
- по инженерно - технической части (как правило главный инженер);
- по мат. техническому снабжению;

Им подчиняются службы ГО (у которых имеются свои подразделения) и формирования общего назначения.

Система управления ГО

- председатель правительства РФ является НГО России;
- министр РФ по делам ГО, ЧС и ликвидации последствий стихийных бедствий является его первым заместителем;
- руководство ГО в министерствах и ведомствах, республиках, краях, областях, городах и районах, в учреждениях, организациях и на предприятиях независимо от форм собственности, возлагается на соответствующих руководителей министерств, ведомств, органов исполнительной власти, учреждений, организаций и предприятий.

Эти руководители являются начальниками гражданской обороны возглавляемых структур. Они несут персональную ответственность за организацию и осуществление мероприятий ГО и ЧС, за обучение населения и т.п.

Классификация нештатных аварийно-спасательных формирований (НАСФ) и нештатных формирований ГО (НФГО)

По назначению: ФОН (общего назначения); формирования служб специализированного назначения;

По подчиненности: территориальные; объектовые

По срокам готовности: повышенной (6 часов); повседневной (24 часа);

Чрезвычайная ситуация

Это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, значительные материальные потери или нарушение условий жизнедеятельности людей. (Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»)

Основные причины возникновения ЧС

- результат стихийных бедствий;
- воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии материалов, конструкций сооружений;
- проектно-производственные дефекты сооружений (ошибки при изысканиях и проектировании, плохое качество строительных материалов и конструкций, нарушение в технологии изготовления и строительства...);
- воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, скорости, высокая температура, вибрация);
- нарушение правил эксплуатации сооружений и технологических процессов (вызывающих взрывы котлов, химических веществ, угольной пыли...);
- нарушение правил техники безопасности при ведении работ;
- ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и специалистов и их некомпетентностью и безответственностью, (человеческие ошибки) обуславливают:
 - 45% экстремальных ситуаций на АЭС
 - 60% авиакатастроф
 - 80% катастроф на море
 - 90 катастроф на автодорогах

Классификация ЧС (по основным признакам)

По природе возникновения:

- природные, связаны с проявлением стихийных сил природы (землетрясения, вулканы, цунами, бури и т.д.);
- техногенные, связаны с техническими объектами (пожар, взрывы, обрушение зданий, выброс радиоактивных веществ и т.д.);
- экологические, связаны с аномальными изменениями биосферы и природной среды (опустынивание, деградация почвы, загрязнение среды, разрушение озонового слоя и т.д.);
- биологические, связаны с распространением инфекционных заболеваний людей, животных и поражением сельскохозяйственных растений (эпидемии, эпизоотии, эпифитотии и т.д.);
- социальные, связаны с общественными событиями (терроризм, насилие,

- бандитизм, наркомания, алкоголизм, войны, проституция и т.д.);
- антропогенные, являются следствием ошибочных действий людей;
- комбинированные, включают несколько причин возникновения ЧС.

По масштабу: локального характера; муниципального характера; межмуниципального характера; регионального характера; межрегионального характера; федерального характера.

По степени внезапности: внезапные (непрогнозируемые); ожидаемые (прогнозируемые).

По скорости распространения: взрывные; стремительные; скоротечные; плавные.

По продолжительности действия: кратковременные; затяжные.

По возможности предотвращения: неизбежные; предотвращаемые.

По причине возникновения: преднамеренные (умышленные); непреднамеренные (неумышленные).

По ведомственной принадлежности: промышленные; строительные; транспортные; сельскохозяйственные; жилищно-коммунальные; лесного хозяйства;

Степени вертикальной устойчивости атмосферы

- Инверсия - нижние слои атмосферы холоднее верхних (в безветренные ночи, зимой, иногда днем) $\Pi=0,03 \text{ *Г}$ (ширина зоны хим. заражения)
- Изотермия - температура воздуха в 20-30 метрах от земли одинакова (типично для пасмурной погоды, а также в утренние и вечерние часы) $\Pi=0,15 \text{ *Г}$
- Конвекция - нижний слой воздуха нагрет сильнее верхнего и происходит перемешивание воздуха по вертикали (ясные летние дни) $\Pi=0,8 \text{ *Г}$

Инверсия и изотермия способствуют длительному сохранению высокой концентрации СДЯВ. Конвекция ускоряет рассеивание зараженного воздуха.

Поражающие факторы ядерного взрыва

- Ударная волна = 50% энергии (- >40%) при нейтронной бомбе
- Световое излучение = 35% (- > 30%)
- Проникающая радиация = 4% (-> 25%)
- Радиоактивное заражение = 10% (-> 5%)
- ЭМИ ~1%

Ударная волна - это область резко сжатого воздуха, распространяющегося во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью. Источник - высокое давление в центре взрыва

Основные параметры ударной волны

- Избыточное давление во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}} = P_{\text{ф}} - P_0$ (кПа или кг*с/см^2)
- Скоростной напор - это динамические нагрузки создаваемые потоками воздуха $\Delta P_{\text{ск}} \rightarrow$ [кПа]
- Время действия избыточного давления (Т+) [сек] -> зависит от мощности боеприпаса.

Примечание: Дерево (столб) упадет от действия скоростного напора, а здание разрушится от $\Delta P_{\text{ф}}$

Поражающее действие ударной волны

1. Травмы:

легкие -> $\Delta P_{\text{ф}} = 20-40$ кПа

средние -> $\Delta P_{\text{ф}} = 40-60$ кПа



тяжелые $\rightarrow R_f = 60 \geq 100$ кПа

крайне тяжелые $\rightarrow AR_f > 100$ кПа (смертельные)

2. Разрушения: В результате взрыва q_1 образуется 4 зоны разрушений и 3 основных зоны пожаров.

За границу очага ядерного поражения принимается условная линия, где $\Delta R_f = 10$ кПа

Световое излучение

Это поток лучистой энергии, включающий ультрафиолетовые, инфракрасные и видимые лучи. Источником светового излучения является светящаяся область взрыва.

Время действия зависит от мощности взрыва (q).

$$Q = 20kT \rightarrow 3 \text{ сек}; \quad q = 1 \text{ мт} \rightarrow 10 \text{ сек}; \quad t_c = q^{1/3}$$

Основным параметром, характеризующим поражающее действие светового излучения является световой импульс $U_{св}$.

Единица излучения Дж/м² (в СИ); кал/см²

$$1 \text{ кал/см}^2 = 40 \text{ кДж/м}^2$$

Поражающее действие светового излучения

Вызывает ожоги 4х степеней:

I - 80-160 кДж/м² - покраснение кожи

II - 160-400 кДж/м² - появление пузырей

III - 400-600 кДж/м² - омертвление глубоких слоев кожи

IV - свыше 600 кДж/м² - обугливание кожи и подкожной клетчатки

Три зоны пожаров:

1) Зона отдельных пожаров характеризуется $U_{св} \approx 100-200$ кДж/м² на внешней границе, горит около 20-25% зданий, сооружений; нужна частичная эвакуация людей.

2) Зона сплошных пожаров характеризуется световым импульсом на внешней границе $U_{св} = 400-600$ кДж/м², горит большинство зданий и сооружений (**90%-95%**) нужна заблаговременная общая эвакуация людей.

3) Зона горения и тления в завалах — это территория, на которой горят разрушенные здания и сооружения I, II, III степени огнестойкости.

На возникновение и распространение пожаров влияет главным образом такие факторы, как:

* огнестойкость зданий и сооружений (I - V степени);

* пожарная опасность производства (категории А, Б, В, Г, Д)

* плотность застройки

* метеоусловия и т.д.

Радиоактивное заражение

Это заражение поверхности земли, атмосферы и водоемов, возникшее в результате выпадения радиоактивных веществ из облака ядерного взрыва или в случае аварии (разгерметизации аппаратов, содержащих РВ) на промышленных и энергетических объектах.

Основные источники р\а заражения

- Продукты деления ядерного заряда, излучающие β и α лучи.



- Радиоактивные вещества не прореагировавшей части ядерного заряда, излучающие α , β , γ лучи.
- Наведенная радиация.
- На предприятиях - выбросы и выхлопы через трубы ит.д.

Основные параметры заражения

- Уровень радиации (доза), показывает какую дозу можно получить в единицу времени, обозначается буквой Р, единица измерения р\час, рад\час, а доза – рентген (Р) или рад.
- Степень зараженности поверхности объекта - мр\час.

Уровень радиации на местности, степень зараженности поверхности различных объектов радиоактивными веществами определяются по показаниям дозиметрических приборов (ДП-5В, ИД-1 ...).

Таблица

Характеристика зон Р/А поражения

Обозначение зоны	Наименование зоны	Цвет зоны	Доза (Рад)	Р1-р/час Уровень излучения	Площадь %	Потери на открытой местности	Защита
А	Умеренное заражение	Синий	40	8	60	Единичные случаи	Дом, Автомобиль
Б	Сильное	Зеленый	400	80	20	50%	ПРУ
В	Опасное	Коричневый	1200	240	13	100%	ПРУ, Убежище
Г	Чрезвычайно опасное	Черный	4000	800	7	100%	Убежище

Допустимые дозы облучения в мирное и военное время

В мирное время:

- для всего населения предел индивидуальной дозы за 70 лет жизни - 35 бэр (с учетом средней годовой дозы 0,5 бэр)
- для рабочих и служащих атомной промышленности - 5 бэр в год (за 30 лет работы 150 бэр)

В военное время:

- однократная (в течении 4 дней) — 50 р.

многократная:

- за месяц - 100 р
- за квартал - 200 р
- за год- 300 р

Примечание: живой организм способен, выбрасывая различные шлаки, освобождаться от излишней радиации.

1 бэр - 1 рад*К

1р = 0,87 рад - для воздушной среды

1р = 0,95 рад - для живых тканей

Смертельные поглощенные дозы для отдельных частей тела

- Голова - 20 гр
- Нижняя часть живота - 30 гр
- Верхняя часть живота - 50 гр
- Грудная клетка - 100 гр
- Конечности - 200 гр

Способы защиты населения

- Укрытие в защитных сооружениях
- Эвакуация населения
- Применение средств индивидуальной защиты и медицинских средств защиты

Инженерные мероприятия для защиты населения

- накопления фонда убежищ и укрытий
- содержание защитных сооружений в готовности для использования по назначению
- строительство быстро-возводимых убежищ (БВУ), и простейших укрытий для населения не обеспеченных средствами защиты
- защита водоисточников от РВ, ОВ, БС
- подготовка дорог для пеших и автомобильных колонн.
- использование под убежища горных выработок, шахт и метро

Эвакуация - это комплекс мероприятий по организованному вводу и выводу из городов и населенных пунктов, рабочих и служащих всех промышленных объектов, нетрудоспособного и не занятого в производстве населения, а так же населения проживающего в зонах возможного катастрофического затопления. Максимально разгрузить город до начала общей эвакуации

Группы население при эвакуации

1 группа - рабочие и служащие, продолжающие работу в Ч.С. и персонал, обеспечивающий жизнедеятельность города и объектов.

2 группа - рабочие и служащие, прекращающие работу в Ч.С. или переносящие в загородную зону, если есть там филиал.

3 группа - не работающее население.

Что понимается под режимом радиационной защиты людей и производственной деятельности?

Установленный порядок действия людей, применения средств и способов защиты в зоне р/а заражения исключаящий р/а поражение людей сверх установленных норм и сокращающий до минимума вынужденную остановку производства.

Цель введения режима защиты и этапы режима защиты

Обеспечить производственный процесс на промышленном объекте и жизнедеятельность населения, сохраняя при этом трудоспособность людей.

1 этап - прекращение работы и укрытие в защитных сооружениях.

2 этап - возобновление производственной деятельности в закрытых помещениях с отдыхом в защитных сооружениях предприятия.

3 этап - Продолжение производственной деятельности в закрытых помещениях, но с отдыхом в домашних условиях, т.к. 1-2 часа в сутки можно находиться на открытом воздухе.

Классы убежищ

- 1- Коэффициент защиты 5000
- 2- Коэффициент защиты 3000
- 3- Коэффициент защиты 2000
- 4- Коэффициент защиты 1000
- 5- Коэффициент защиты 500

Убежище 1 класса строится на радиационно и химически опасных объектах по спец заказу вместимостью не менее 2х рабочих смен.

Убежище 5го класса с 1985 года в мире не строится. Примечание: Защитные сооружения с коэффициентом защиты менее 500 относятся к ПРУ (противорадиационным укрытиям).

Требования к убежищам

- Строить на не затапливаемых местах
- Высота основных помещений не менее 2м 20 см.
- Уровень грунтовых вод ниже уровня пола не менее 20 см.
- Запас воды и продуктов на 2 суток - $t < 23$ влажность $< 70\%$
- углекислого газа $< 1 \%$
- Объем воздуха $1,5 \text{ м}^3$ на человека
- Иметь запасные входы и выходы
- Фильтро-вентиляционное оборудование (ФВО) должно полностью очищать воздух от примесей
- Обязательные двойные использование убежищ

Классификация СИЗ

Средства индивидуальной защиты делятся:

1. На средства защиты органов дыхания:

- противогазы
- респираторы
- детские защитные камеры (КЗД)
- противопыльные тканевые маски (ПТМ)
- ватно-марлевые повязки (ВМП)

2. На средства защиты кожи:

- защитные костюмы (ОЗК)
- прорезиновые комбинезоны (Л-1 и его аналоги)
- бытовые костюмы с дополнительными приспособлениями для защиты от радиоактивной пыли (ЗФО)

Устойчивая работа промышленного объекта - это способность объекта выпускать в ЧС запланированную продукцию в установленном объеме и номенклатуре, а при получении повреждения восстанавливаться в минимальные сроки.

Критерий устойчивости к воздействию ударной волны - это избыточное давление (ΔP_f) при котором здания, сооружения инженерно-технического комплекса (ИТК) не повреждаются, не разрушаются или получают такие повреждения или разрушения (слабые или частично средние), которые можно восстановить в короткие сроки без остановки производства.

Методика оценки устойчивости ОЭ к воздействию ударной волны

- Выбирают элементы, которые необходимо исследовать
- Изучают характеристики элементов и заносят их в таблицу
- Все элементы ставят в одинаковые условия воздействия на них избыточного давления
- Находят степени разрушения Элементов
- Находятся критерии устойчивости каждого элемента
- Из слабых элементов, находят важный элемент, без которого не возможны выпуск продукции и по нему определяют критерий устойчивости для всего объекта.

- Затем определяют предел, до которого необходимо поднять критерий устойчивости всех слабых элементов, делают выводы и намечают мероприятия для повышения устойчивости.

Критерий устойчивости к воздействию светового излучения - максимальный световой импульс, при котором не происходит воспламенение.

Методика оценки элементов ОЭ к воздействию светового излучения

- Определяется элемент для исследования
- Изучается их характеристика
- Оценивается их огнестойкость
- Изучается пожаростойкость
- Определяется критерий светового импульса для всего объекта
- Определяется величина светового импульса, для которого необходимо поднять критерий светового импульса всех слабых элементов
- Делается вывод по пожароустойчивости, и намечаются мероприятия на повышение устойчивости.

Цель АСДНР

1. Спасение людей и оказание им помощи
2. Локализация аварий и устранение повреждений, препятствующих проведению спасательных работ
3. Создание условий для проведения восстановительных работ

Содержание спасательных работ

1. Разведка маршрутов выдвижения НФ и участков работ
2. Розыск пострадавших
3. Извлечение из завалов, горящих зданий, загазованных и задымленных пораженных.
4. Вскрытие разрушенных, поврежденных и заваленных защитных сооружений
5. Подача воздуха в заваленные защитные сооружения.
6. Эвакуация людей из зоны аварий, катастроф, стихийных бедствий, или из зон заражения, затопления.
7. Оказание пострадавшим первой медицинской помощи и отправка их в лечебные учреждения

Методические указания к практическому занятию

В качестве расчетной модели используется условная территория окрестностей расположения г. Снов, представленная на карте схеме.

Описание ЧС

По г. Снов нанесен воздушный (или наземный) ядерный удар мощностью q_1 , с эпицентром (центром), расположенным на расстоянии R_1 км севернее объекта №1. Наземный ядерный удар мощностью q_2 нанесен по объекту №2, расположенному на расстоянии R_2 км южнее объекта №1.

В результате ядерного удара по г. Снов, расположенный в окрестностях которого объект №1 оказался в зоне средних разрушений и зоне сплошных пожаров. Железобетонные здания полудили средние разрушения, а кирпичные – сильные. Защитные сооружения не пострадали, но часть находится под завалами. Люди нуждаются в срочной помощи.

В то же время произошла авария на объекте №38 с утечкой АХОВ. Объект № 38 расположен на расстоянии R_3 км южнее объекта №1. Направление ветра с юга на север.

Приложение

Варианты задания

№ варианта	q_1 (кг)	Вид взрыва	R_1 удален ие (км)	q_2 (кг)	R_2 удален ие (км)	Скорость ср. ветра $V_{ср.}$ (км/ч)	Вид СДЯВ	Количество АХОВ (т)	R_3 уда лие (км)	Скорость ветра (м/с)	Обвалованность ёмкостей	Степень вертикальной устойчивости воздуха
1	5000	н	10,8	100	55	25	хлор	10	30	2	Не обвалован.	Инверсия
2	5000	в	10,5	100	50	50	хлор	25	20	1	Не обвалован.	Изотермия
3	5000	н	11	100	40	75	хлор	100	15	2	Не обвалован.	Изотермия
4	5000	в	11,5	100	30	75	хлор	75	5	1	Не обвалован.	Конвекция
5	2000	н	9	200	50	25	аммиак	100	10	2	Не обвалован.	Инверсия
6	2000	в	9	50	35	75	серовод	100	30	3	Не обвалован.	Инверсия
7	2000	н	9,5	200	30	75	серовод	100	10	3	Не обвалован.	Изотермия
8	2000	в	9	200	40	50	хлор	100	5	1	Не обвалован.	Конвекция
9	2000	н	8	100	40	50	аммиак	75	10	3	Не обвалован.	Инверсия
10	2000	в	8,5	200	60	100	хлор	25	25	1	Обвалован.	Инверсия
11	1000	н	6,5	500	70	25	хлор	10	10	1	Обвалован.	Инверсия
12	1000	в	6	500	60	50	хлор	5	10	2	Не обвалован.	Инверсия
13	1000	н	7	100	70	75	аммиак	10	5	1	Не обвалован.	Инверсия
14	1000	в	7,5	200	60	75	серовод	25	10	2	Не обвалован.	Инверсия
15	1000	н	8,5	500	50	75	хлор	50	10	2	Не обвалован.	Изотермия
16	1000	в	8,3	500	45	100	хлор	10	5	2	Не обвалован.	Изотермия
17	500	н	5,5	50	35	25	хлор	25	20	2	Обвалован.	Инверсия
18	500	в	5,3	50	30	50	хлор	50	15	3	Не обвалован.	Изотермия
19	500	н	4,9	50	25	75	хлор	25	20	2	Не обвалован.	Изотермия
20	500	в	4,9	50	20	75	хлор	10	15	2	Не обвалован.	Инверсия

Продолжение таблицы 42

№ варианта	q ₁ (кг)	Вид взрыва	R ₁ удале ние (км)	q ₂ (кг)	R ₂ удале ние (км)	Скорость ср. ветра V _{ср.} (км/ч)	Вид СДЯВ	Количество АХОВ (т)	R ₃ удале ние (км)	Скорость ветра (м/с)	Обвалованность ёмкостей	Степень вертикально й устойчивост и воздуха
21	200	н	3,5	1000	90	50	хлор	5	20	2	Не обвалован.	Инверсия
22	200	в	3,4	1000	80	50	хлор	100	10	2	Обвалован.	Инверсия
23	200	в	4,7	1000	75	75	хлор	50	20	3	Не обвалован.	Изотермия
24	200	в	3,5	1000	85	100	хлор	25	15	3	Не обвалован.	Инверсия
25	5000	н	10,5	100	60	75	хлор	75	3	1	Не обвалован.	Конвекция
26	5000	в	10	100	35	25	хлор	5	5	3	Обвалован.	Инверсия
27	500	н	4,5	50	40	75	хлор	5	5	1	Не обвалован.	Изотермия
28	500	в	4,8	50	30	75	аммиак	100	10	2	Не обвалован.	Инверсия
29	200	н	4,4	1000	70	25	хлор	50	20	1	Не обвалован.	Изотермия
30	200	в	3,8	1000	95	50	серовод	5	5	1	Не обвалован.	Инверсия

Д_{всп}	25	Для всех вариантов
К_{осл}	7	Для всех вариантов

Задание №1. Оценка очагов поражения в ЧС
(образец выполнения задания)

Исходные данные:

$q_1 = 50$ кт; $R_1 = 3,5$ км; $R_3 = 8$ км; $\beta^\circ = 180^\circ$;

$V_B = 2$ м/с на высоте 1 м; АХОВ – хлор – 25 т;

вид взрыва – воздушный;

состояние атмосферы – инверсия;

местность – открытая;

ёмкость – не обвалована.

Примечание: $\Pi = 0,03 * \Gamma$ - для инверсии;

$\Pi = 0,15 * \Gamma$ - для изотермии;

$\Pi = 0,8 * \Gamma$ - для конвекции.

Вопрос №1. Определить в какой зоне разрушений и пожаров окажется промышленный объект (ПО), площадь ОЯП, ΔP_Φ и $U_{св}$ на объекте.

В результате взрыва q_1 образуется 4 зоны разрушений (рис. 1) и 3 основных зоны пожаров (рис. 2).

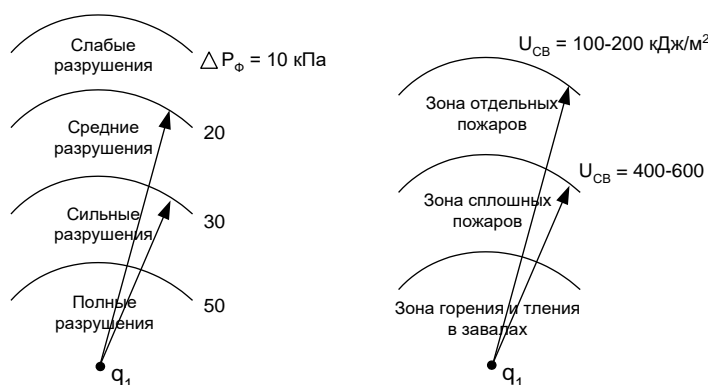


Рис. 1. Зоны разрушений Рис. 2. Зоны пожаров

За границу очага ядерного поражения принимается условная линия, где

$\Delta P_\Phi = 10$ кПа,

следовательно площадь очага ядерного поражения

$$S_{ояп} = \pi * R_{10}^2$$

Внешняя граница зоны отдельных пожаров - световой импульс ($U_{св}$) составляет $100-200$ кДж/м², внутренняя граница зоны отдельных пожаров - световой импульс составляет $400-600$ кДж/м². Нижние границы соответствуют мощности до 100 кт, верхние – 100 кт и более.

Таблица 43

*Избыточные давления ударной волны при различных мощностях
ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва*

Мощность боеприпаса, кт	Избыточное давление P_{Φ} , кПа																
	2000	1000	500	250	200	150	100	90	80	70	60	50	40	30	20	15	10
	Расстояние до центра (эпицентра) взрыва, км																
50	0,2	0,25	0,32	0,47	0,54	0,61	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	2	2,7	3,5	4,5
	0,28	0,37	0,5	0,66	0,75	0,84	1	1,1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5	2	2,6	3,1	4,2
100	0,23	0,32	0,4	0,59	0,68	0,77	1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	2,1	2,6	3,8	4,4	6,5
	0,36	0,46	0,62	0,83	0,92	1,05	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	3,2	3,9	5,2
200	0,32	0,4	0,51	0,74	0,86	0,97	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,5	2,9	4,4	5,5	7,9
	0,45	0,58	0,79	1,05	1,15	1,35	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,2	2,6	3	3,8	4,9	6,4
300	0,36	0,46	0,58	0,85	0,98	1,1	1,37	1,57	1,67	1,85	2,07	2,27	2,8	3,35	4,95	6,35	9,1
	0,52	0,67	0,9	1,2	1,35	1,5	1,7	1,83	1,93	2,1	2,3	2,55	2,93	3,6	4,4	5,65	7,3
500	0,43	0,54	0,69	1	1,15	1,3	1,7	1,9	2	2,3	2,6	3	3,4	4,2	6	7,55	11,5
	0,61	0,79	1,05	1,45	1,6	1,8	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	3,2	3,6	4,4	5,5	6,7	9
1000	0,5	0,7	0,9	1,3	1,5	1,7	2,2	2,4	2,7	3	3,3	3,6	4,3	5	7,5	9,5	14,3
	0,77	1	1,35	1,8	2	2,3	2,9	3	3,4	3,5	3,6	4	4,5	5,4	7	8,4	11,2
2000	0,65	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3	3,3	3,6	4,2	4,6	5,6	6,8	9,5	13	18
	1	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,4	3,7	3,9	4,2	4,6	5,1	5,7	7	8,8	10,7	14,2
5000	0,85	1,3	1,6	2	2,5	3,1	3,7	4,2	4,4	5	5,6	6,5	7,6	9,2	13	14,6	24
	1,3	1,8	2,4	2,9	3,4	4	4,7	5	5,4	5,7	6,2	6,8	7,8	9,3	12	14,3	19,5
10000	1,25	1,6	2	2,5	3,1	3,8	4,8	5,3	5,6	6,3	7	7,9	9,3	11,4	16,2	21,8	31,4
	1,7	2,2	2,9	3,6	4,2	5,2	6	6,3	6,7	7,2	7,7	8,5	9,6	11,6	15,3	18	24,5

Примечание: верхнее значение – для воздушного взрыва, нижнее – для наземного.

Таблица 44

Световые импульсы при различных мощностях ядерного боеприпаса и расстояниях до центра взрыва (при слабой дымке)

Примечание: верхнее значение – для воздушного взрыва, нижнее – для наземного.

Мощность боеприпаса, кт	Световые импульсы, кДж/м ²																
	4200	2900	1700	1200	1000	800	720	640	600	560	480	400	320	240	200	160	100
	Расстояние до центра взрыва, км																
50	1	1,2	1,5	1,8	2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,7	3	3,2	3,5	4,2	4,6	5	6,3
	0,5	0,7	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	2	2,2	2,4	2,7	3,4
100	1,4	1,7	2,3	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6	3,7	3,9	4,2	4,6	5	6	6,5	7	8,2
	0,8	1	1,3	1,5	1,6	1,9	2	2,1	2,15	2,2	2,4	2,7	3	3,4	3,8	4,2	5,4
200	1,7	2,1	2,7	3,2	3,4	3,7	4	4,3	4,5	4,7	5,8	6,9	8	9	9,5	10	10,6
	1	1,2	1,5	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,6	4,1	4,6	5,2	6,6
300	2,1	2,5	3,3	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	6,4	7,7	9,1	10,5	11,2	11,9	12,7
	1,2	1,4	1,8	2,2	2,4	2,6	2,9	3	3,1	3,3	3,5	3,7	4,3	4,9	5,6	6,4	7,8
500	2,7	3,3	4,4	5,2	5,5	5,9	6,3	6,6	6,8	7	8	9	11	13	14	15	16,4
	1,5	1,8	2,4	2,8	3	3,2	3,6	3,8	3,9	4,1	4,4	4,8	5,4	6,1	7	8,1	9,6
1000	4,1	5	6,4	7,7	8,6	8,8	9	10	10,6	11,2	13,6	14,8	15,8	16,6	17,6	18,6	24
	2,6	3,1	4	4,8	4,9	5,1	5,6	6,2	6,6	6,8	7,2	7,8	8,6	10,1	12,4	14	16
2000	4,8	5,8	7,7	9	9,5	9,7	10,5	11	11,6	12,5	15	18	20,5	23	24,2	26	28
	2,8	3,4	4,5	5,3	5,7	5,9	6,4	7	7,2	7,5	8,4	8,7	10	11,3	12,7	14,7	17,2
5000	6,9	8,4	11	13	13,8	14,5	15,5	16,5	16,9	17,5	20	23	26	29,5	31,2	33	36
	4,2	5,1	6,6	7,9	8,4	8,8	9,3	10	10,4	11	11,5	12,2	14,5	17	18,3	19,7	23,8
10000	11	13,3	17,3	20,6	21	22	24,6	26	27	28	29	30,5	33	37	38,8	41	48
	6,8	8,2	10,8	12,8	13,2	14	15	16	16,5	17	18	19	25	27	27,8	29	35

Решение:

1. По таблице 43 (исходя из q_1 , $\Delta P_{\Phi} = 10, 20, 30, 50$ кПа и вида взрыва) находим радиусы зон разрушений $R_{10}, R_{20}, R_{30}, R_{50}$, а по таблице 44 (исходя из q_1 и вида взрыва $U_{СВ} = 100-400, 200-600$) находим радиусы зон пожаров ($R_{100}-R_{400}; R_{200}-R_{600}$) и сравнивая значения с $R_1 = 3,5$ км определим в какой зоне разрушений и пожаров окажется ПО.

$R_{10} = 4,5$	ПО в зоне слабых разрушений
$R_{20} = 2,7$	
$R_{30} = 2$	
$R_{50} = 1,3$	

$R_{100} = 6,3$	ПО в зоне отдельных пожаров
$R_{400} = 3,2$	

Если $q_1 > 100$ кт, то находим R_{200} и R_{600} .

Так как $q_1 = 50$ кт < 100 кт, то для верхних пределов ($R_{200}-R_{600}$) данные не находим.

Полученные результаты наносим на схему (рис. 3).

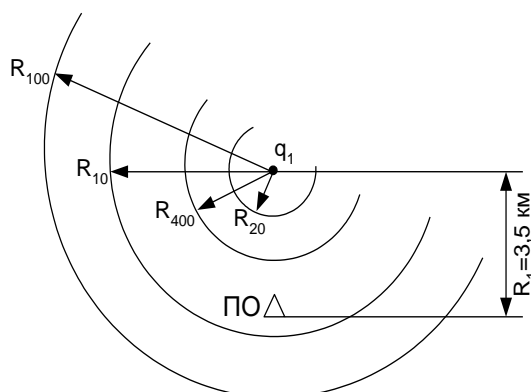


Рис. 3. Схема зон очага ядерного поражения относительно ПО

2. По таблице 43 (исходя из q_1 и R_1) находим избыточное давление на объекте.

$\Delta P_{\Phi} = 15$ кПа \Rightarrow подтверждается нахождение ПО в зоне слабых разрушений.

3. По таблице 44 (исходя из q_1 и R_1) находим световой импульс на объекте:

$U_{СВ} = 320$ кДж/м² \Rightarrow подтверждается нахождение ПО в зоне отдельных пожаров.

4. Находим площадь очага ядерного поражения

$$S_{\text{ояп}} = \pi * R_{10}^2 = 3,14 * 4,5^2 = 64 \text{ км}^2.$$

Вопрос №2. Оценка химической обстановки.

Оценка химической обстановки на объектах, имеющих АХОВ, проводится для организации защиты людей, которые могут оказаться в зонах химического заражения.

По решению задач по повышению устойчивости работы объектов в военное время оценка химической обстановки проводится заблаговременно методом прогнозирования на объектах, имеющих АХОВ, и соседних с ним объектах. В случае аварии на объекте оценка химической обстановки проводится в период возникновения её на основании фактических данных.

Исходными данными для оценки химической обстановки являются: тип и качество АХОВ, метеоусловия, топографические условия местности и характер выброса (вылива) ядовитых веществ, степени защищенности рабочих и служащих объекта и населения.

При оценке методом прогнозирования в основу должны быть положены данные по одновременному выбросу в атмосферу всего запаса АХОВ, имеющегося на объекте, при благоприятных, для распространения зараженного воздуха, метеоусловиях (инверсия скорости ветра 1 м/с).

При аварии (разрушении) емкостей с АХОВ оценка проводится по конкретно сложившейся обстановке, т.е. берутся реальные количества выброшенного (вылившегося) ядовитого вещества и реальные метеоусловия.

Определение размеров зоны химического заражения и время подхода облака к объекту (Γ , Π , S , t_{Π}).

Исходные данные:

$R_3 = 8$ км; $V_B = 2$ м/с; $\beta^\circ = 180^\circ$;
АХОВ – хлор – 25 т;
состояние атмосферы – инверсия;
ёмкость – не обвалована;
местность – открытая.

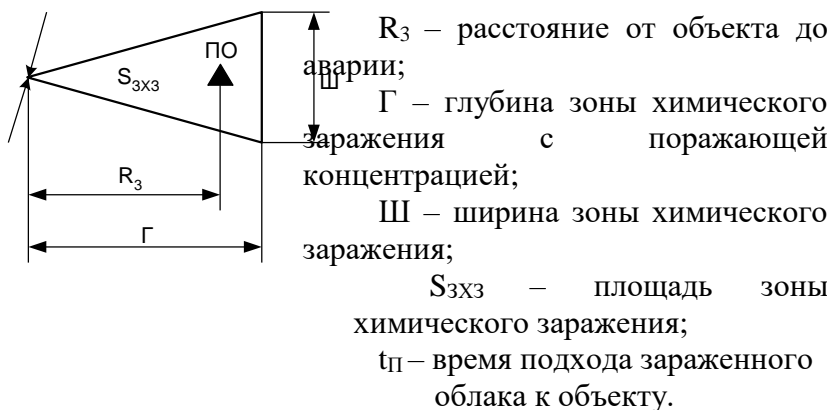


Рис. 4. Зона химического заражения

Решение:

По таблице 45 находим глубину зараженного воздуха с поражающей концентрацией.

Таблица 45

Глубина распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями АХОВ на открытой местности, км (ёмкости не обвалованы, скорость ветра 1 м/с)

Наименование АХОВ	Количество СДЯВ в ёмкостях (на объекте), т					
	5	10	25	50	75	100
	<u>При инверсии</u>					
Хлор, фосген	23	49	80	Более 80		
Аммиак	3,5	4,5	6,5	9,5	12	15
Сернистый ангидрид	4	4,5	7	10	12,5	17,5
Сероводород	5,5	7,5	12,5	20	25	61,6
	<u>При изотермии</u>					
Хлор, фосген	4,6	7	11,5	16	19	21
Аммиак	0,7	0,9	1,3	1,9	2,4	3
Сернистый ангидрид	0,8	0,9	1,4	2	2,5	3,5
Сероводород	1,1	1,5	2,5	4	5	8,8
	<u>При конвекции</u>					
Хлор, фосген	1	1,4	1,96	2,4	2,85	3,15
Аммиак	0,21	0,27	0,39	0,5	0,62	0,66
Сернистый ангидрид	0,24	0,27	0,42	0,52	0,65	0,77
Сероводород	0,33	0,45	0,65	0,88	1,1	1,5

Примечание:

1. При скорости ветра более 1 м/с применяются поправочные коэффициенты, имеющие следующие значения:

скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6
при инверсии	1	0,6	0,45	0,38	-	-
при изотермии	П	0,71	0,55	0,5	0,45	0,41
при конвекции	1	0,7	0,62	0,55	-	-

2. Для обвалованных емкостей со АХОВ глубина распространения облака зараженного воздуха уменьшается в 1,5 раза.

По таблице 4: хлор – 25 т, скорость ветра – 1 м/с, инверсия, Г = 80 км.

Но по исходным данным $V_B = 2$ м/с. Учитывая 1-й пункт примечания, при инверсии и $V_B = 2$ м/с поправочный коэффициент равен 0,6, следовательно, истинная глубина $\Gamma = 80 * 0,6 = 48$ км.

Если бы емкость была обвалована, то мы бы воспользовались 2-м пунктом примечания.

Далее находим:

$\Pi = 0,03 * \Gamma$, т.к. по условию – инверсия.

$\Pi = 0,03 * 48 = 1,44$ км;

$S = \frac{1}{2} * \Pi * \Gamma = \frac{1}{2} * 1,44 * 48 = 34,56$ км².

По таблице 46 находим среднюю скорость переноса зараженного облака.

Таблица 46

Средняя скорость переноса облака зараженного веществом, м/с

Ско рость ветр а, м/с	Инверсия		Изотермия		Конвекция	
	R_3 < 10 км	R_3 ≥ 10 км	R_3 < 10 км	R_3 ≥ 10 км	R_3 < 10 км	R_3 ≥ 10 км
	1	2	2,2	1,5	2	1,5
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5
4	-	-	6	8	-	-
5	-	-	7,5	10	-	-
6	-	-	9	12	-	-

Примечание: инверсия и конвекция при скорости более 3 м/с наблюдается в редких случаях.

При $R_3 = 8$ км, $V_B = 2$ м/с и инверсии $V_{CP} = 4$ м/с, следовательно

$$t_{II} = \frac{R_3}{V_{CP}} = \frac{8000}{4 \times 60} = 33 \text{ мин.}$$

Вывод (образец): Объект оказался в зоне слабых разрушений и отдельных пожаров, а также в зоне химического заражения. Время на принятие мер по защите рабочих и служащих – 33 минуты.

Задание №2. Оценка радиационной обстановки.
(образец выполнения задания)

Радиационная обстановка – это обстановка, которая складывается на территории административного района, населенного пункта или промышленного объекта в результате радиоактивного заражения местности и которая требует определенных мер защиты. Радиационная обстановка характеризуется размерами радиационных зон и уровнем радиации.

Радиационная обстановка выявляется двумя методами:

- метод прогнозирования;
- по данным разведки.

Выявление радиационной обстановки по данным разведки ведется постами радиоактивного и химического наблюдения, всеми формированиями ГО, специально подготовленными группами (звеньями) радиационной разведки.

Исходными данными по выявлению фактической радиационной обстановки являются измеренные уровни радиации в отдельных точках местности $P_{изм}$ и время измерения относительно момента взрыва.

Поступающая от разведывательных подразделений информация обычно заносится в журнал “Радиационной разведки и наблюдения”.

Прогнозирование радиационной обстановки производится с целью установления с определенной степенью достоверности местоположения и размеров зон радиоактивного заражения.

Для прогнозирования радиационной обстановки необходимо знать:

- время ядерного взрыва
- координаты взрыва
- мощность ядерного взрыва
- вид взрыва
- направление и скорость среднего ветра в районе взрыва и по пути движения радиоактивного облака

Выявленная, методом прогнозирования, радиационная обстановка дает приближенную характеристику радиоактивного заражения.

Наша задача сводится к тому, чтобы определить время пребывания на объекте, не получив при этом дозу более 25 р, т.е. $D = P_1 * D_T / (K_{осл} * 100) \leq 25$ р.

Чтобы решить эту задачу нам необходимо определить:

- $t_0 = t_n$ – время начала облучения (время подхода зараженного облака к объекту);
- P_1 – уровень радиации на объекте через один час после взрыва (находится по рисунку зон);
- P_0 – уровень радиации на время t_0 ;
- $P_0 = P_1 / K_t$, где K_t – коэффициент пересчета, который находится по таблице 10; $K_t = P_1 / P_0$;
- $T_{пр}$ – допустимое время пребывания на объекте (находится по таблице 8);
- D_T – доза табличная (находится по таблице 50).

Исходные данные:
 $q_2 = 20$ кт; $R_2 = 15$ км; $V_{cp} = 10$ км/ч;
 $\beta^\circ = 180^\circ$; $K_{осл} = 7$; $D_{зад} = 25$ р.

Таблица 47

Коэффициенты пересчета уровней радиации на любое заданное время

Время t_0 , прошедшее после взрыва, ч	$K_t = \frac{P_1}{P_0}$	Время t_0 , прошедшее после взрыва, ч	$K_t = \frac{P_1}{P_0}$	Время t_0 , прошедшее после взрыва, ч	$K_t = \frac{P_1}{P_0}$
0,25	0,19	1	1	3,25	4,11
0,3	0,24	1,25	1,31	3,5	4,5
0,5	0,43	1,5	1,63	3,75	4,88
0,55	0,49	1,75	1,96	4	5,28
0,6	0,54	2	2,3	4,5	6,08
0,65	0,6	2,25	2,65	5	6,9
0,7	0,65	2,5	3	5,5	7,73
0,75	0,71	2,75	3,37	6	8,59
0,8	0,75	3	3,74	6,5	9,45

Решение:

- $t_0 = t_n = R_2/V_{cp} = 15/10 = 1.5$ ч.
- По таблице 47 находим $K_t = P_1/P_0 = 1,63$.
- На следе радиоактивного облака образуется четыре зоны радиоактивного заражения с различными уровнями радиации (А, Б, В, Г).
 А – умеренное заражение – синий цвет – $P_1 = 8$ р/час;
 Б – сильное заражение – зеленый цвет – $P_1 = 80$ р/час;
 В – опасное заражение – коричневый цвет – $P_1 = 240$ р/час;
 Г – чрезвычайно опасное – черный цвет – $P_1 = 800$ р/час.

Т.е. там, где уровень радиации через один час после взрыва равен 8 р/час – это внешняя граница зоны А, а остальное соответственно.

Используя $q_2 = 20$ кт и $V_{cp} = 10$ км/час по таблице №48 находим размеры зон радиоактивного заражения, и, сравнив их длину с $R_2 = 15$ км, определим в какой зоне заражения оказался объект.

А = 42 – 5.8 км;
 Б = 18 – 2.9 км;
 В = 12 – 2 км;
 Г = 6.8 – 1.1 км.

Пример зоны А = 42 – 5.8 км приведён на рис.5.

Таблица 48

Размеры зон заражения на следе облака (км)

Мощность взрыва, кт	Скорость среднего ветра, км/ч	Зоны заражения			
		А	Б	В	Г
20	10	42 – 5,8	18 – 2,9	12 – 2,0	6,8 – 1,1
	25	58 – 7,2	24 – 3,3	14 – 1,9	6,6 – 1,1
	50	75 – 8,3	27 – 3,3	14 – 1,9	6,5 – 1,0
	75	83 – 8,7	26 – 3,2	14 – 1,8	5,8 – 0,9
50	25	87 – 9,9	36 – 4,7	23 – 3,0	12 – 1,7
	50	111 – 11	43 – 4,7	23 – 3,0	12 – 1,5
	75	126 – 12	45 – 4,7	23 – 2,8	11 – 1,4
100	25	116 – 12	49 – 6,1	31 – 4,0	18 – 2,2
	50	150 – 14	60 – 6,4	35 – 3,9	17 – 2,0
	75	175 – 15	64 – 6,3	35 – 3,8	17 – 1,9
200	25	157 – 15	67 – 7,8	43 – 5,3	26 – 2,8
	50	200 – 18	83 – 8,4	50 – 5,3	28 – 2,8
	75	233 – 20	90 – 8,4	50 – 5,3	25 – 2,6
	100	255 – 21	94 – 8,4	50 – 5	24 – 2,5
500	25	231 – 21	100 – 10	65 – 7,4	41 – 4,3
	50	300 – 25	125 – 12	78 – 7,7	42 – 4,3
	75	346 – 27	140 – 12	83 – 7,7	39 – 4
	100	382 – 29	149 – 12	83 – 7,7	41 – 3,8
1000	25	309 – 26	135 – 13	89 – 9,5	55 – 5,7
	50	402 – 31	170 – 15	109 – 10	61 – 5,6
	75	466 – 34	192 – 16	118 – 10	60 – 5,6
	100	516 – 36	207 – 16	122 – 10	58 – 5,2
2000	50	538 – 39	231 – 19	149 – 13	88 – 7,3
	75	626 – 43	262 – 21	165 – 13	91 – 7,5
	100	694 – 46	285 – 21	174 – 13	82 – 7,3
5000	50	772 – 52	343 – 27	225 – 19	138 – 11
	75	920 – 58	393 – 29	253 – 20	149 – 10
	100	1035 – 62	430 – 30	270 – 20	153 – 11
10000	50	1050 – 65	461 – 34	305 – 24	187 – 15
	75	1230 – 73	530 – 37	346 – 25	207 – 15
	100	1370 – 78	583 – 39	374 – 26	221 – 14

Примечание: первое число – длина зоны заражения, второе число – максимальная ширина зоны. Ширина нужна, чтобы правильно начертить зону.

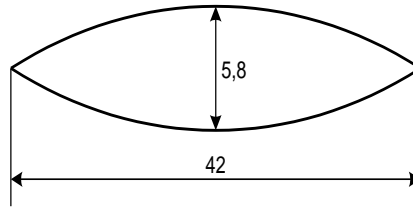


Рис. 5. Зона радиоактивного заражения (А), с указанием её длины и наибольшей ширины

Для расчетов нарисуем две зоны – Б и В (рис. 6).

Видно, что $R_2 = 15$ км находится в промежутке между 12 и 18 км, т.е. объект оказался в зоне Б.

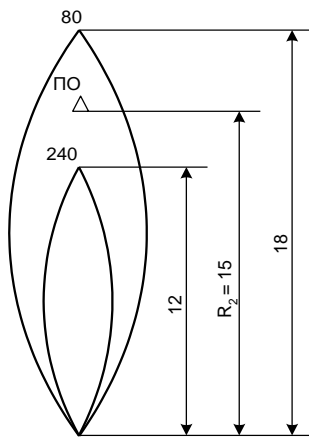


Рис. 6.
Зоны радиоактивного заражения Б и В

4. Чтобы определить P_1 на объекте, сначала необходимо найти какой уровень радиации будет приходится на 1 км, для этого разность уровней радиации расчетных зон разделить на разность длин этих же зон

$$P_1' = \frac{240 - 80}{18 - 12} = \frac{160}{6} = 26,8 \text{ р/час на км.}$$

Для нахождения P_1 на объекте воспользуемся расстоянием от объекта до верхней точки зоны “Б” или от объекта до верхней точки зоны “В”, т.е. этих же расчетных зон.

Воспользуемся, например, расстоянием от объекта до верхней точки зоны “Б” и найдем P_1 на объекте, зная, что уровень радиации от верхней точки зоны “Б” при движении к объекту – возрастает.

$$P_1 = 80 + (18 - 15) * 26,8 = 160 \text{ р/час.}$$

Можно проверить полученный результат, пользуясь расстоянием от верхней точки “В” до объекта и зная, что уровень радиации при движении к объекту убывает, получаем:

$$P_1 = 240 - (15 - 12) * 26,8 = 160 \text{ р/час.}$$

5. Используя формулу $P_1 = P_0 * K_t$ найдем:

$$P_0 = \frac{P_1}{K_t} = \frac{160}{1,63} = 98 \text{ р/час.}$$

6. По таблице 49 находим допустимое время пребывания на объекте ($T_{пр}$)

Таблица 49

*Допустимое время пребывания на местности,
зараженной радиоактивными веществами ($T_{пр}$)*

$\frac{D_{зад} \cdot K_{осл}}{P_0}$	Время входа в зараженный район с момента взрыва (тн), ч														
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24
0,2	0,20	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,3	0,30	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,4	0,40	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,5	1,00	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
0,6	1,25	0,55	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,7	2,00	1,10	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,8	2,55	1,20	1,00	1,00	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,9	4,00	1,40	1,10	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
1	6,00	2,00	1,25	1,25	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00
1,25	15,0	3,15	1,55	1,40	1,30	1,30	1,25	1,25	1,25	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,15
1,5		5,10	2,30	2,05	1,55	1,50	1,45	1,45	1,40	1,40	1,40	1,35	1,35	1,35	1,35
2		12,0	4,00	3,10	2,45	2,35	2,30	2,25	2,20	2,20	2,15	2,15	2,10	2,10	2,05
2,5		14,0	6,30	4,30	3,50	3,30	3,15	3,10	3,00	3,00	2,55	2,50	2,45	2,45	2,40
3		16,0	10,0	6,10	5,00	4,30	4,10	4,00	3,50	3,45	3,40	3,30	3,25	3,15	3,15
4	Без огран.		24,0	11,0	8,00	7,00	6,15	5,50	5,35	5,20	5,10	5,00	4,45	4,30	4,25
6		Без огранич.		36,0	20,0	15,0	12,00	11,00	10,00	9,30	9,00	8,20	7,45	7,15	7,00
10			Без огранич.		124,0	60,0	40,00	30,00	25,00	23,00	21,00	18,00	16,00	14,00	13,00

Примечание: 1. $D_{зад}$ – заданная доза облучения (р).

2. P_0 – уровень радиации на местности (р/час) к моменту вступления в зараженный район.

$$\frac{D_{зад} \times K_{осл}}{P_0} = 1,78 \approx 1,8$$

$$t_n = 1,5 \text{ ч.}$$



(используя интерполирование)

$$1,8 \rightarrow T_{пр} \approx 5,0 \text{ ч.}$$

7. По таблице 50 находим D_T

$$T_{пр} \approx 5,0 \text{ ч.}$$



$$t_n = 1,5 \text{ ч.} \rightarrow D_T = 117 \text{ р}$$

8. Имея все необходимые данные, находим дозу, которая не превышала бы 25 рентген по формуле:

$$D = \frac{P_1 \cdot D_T}{100 \cdot K_{осл}} = \frac{160 \cdot 117}{100 \cdot 7} = 26,7 \text{ р, что больше 25 рентген.}$$

Таблица 50

Дозы радиации (p), получаемые на открытой местности при уровне радиации 100 р/час на 1 час после взрыва.

Время начала облучения с момента взрыва, час	Время пребывания ($T_{пр}$), час.														
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	18	24	
0,5	74,5	113	158	186	204	220	231	240	249	256	262	273	295	310	
1	40	64,8	98,8	121	138	151	161	170	178	184	190	200	222	237	
1,5	26	44,8	72,8	91	106,4	117	127	135	142	149	154	164	185	199	
2	19	34	56,4	72,8	85,8	96,4	105	113	119	125	131	140	160	174	
2,5	15	28	46,2	61,6	72,5	82,8	90,4	97,6	103,9	109	115	123	143	156	
3	12,2	22,4	38,8	51,8	62,4	71,2	77,8	84,6	90,6	95,8	100	110	129	142	
4	9	16,4	29,4	40,2	49	56,6	63,4	69,4	74,6	79,4	83,8	91,6	109	122	
5	7	13	23,6	32,4	40	46,8	52,8	58	62,8	67,2	71,2	78,5	95,3	108	
6	5,5	10,6	19,4	27	33,8	39,8	45	49,8	54,2	58,2	62	68,7	84,6	96,6	
8	3,9	7,6	14,4	20,4	25,6	30,4	34,8	38,8	42,6	46,1	49,3	55,1	69,5	80,5	
10	3,1	6	11,2	16	20,4	24,5	28,2	31,7	34,9	37,9	40,7	46	59,1	69,3	
12	2,5	4,8	9,2	13,2	17	20,5	23,7	26,7	29,5	32,2	34,8	39,6	51,4	60,8	
14	2,1	4	7,8	11,3	14,5	17,5	20,3	23	25,6	28,1	30,4	34,7	45,7	54,2	
16	1,8	3,5	6,7	9,7	12,5	15,2	17,8	20,3	22,6	24,8	26,9	30,9	41,1	48,8	
18	1,6	3	5,8	8,5	11,1	13,6	15,9	18,1	20,2	22	24	27,7	37,1	44,5	
20	1,4	2,7	5,3	7,8	10,1	12,3	14,4	16,4	18,4	20,3	22,1	25,4	33,5	40,6	
22	1,2	2,5	4,8	7	9,1	11,1	13,1	15	16,8	18,5	20,1	23,3	31	37	
24	1,1	2,2	4,3	6,3	8,3	10,2	12	13,7	15,3	16,9	18,5	21,4	28,6	35,1	
СУТКИ	1,5	0,6	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,7	11	14	19,4	24,3
	2	0,5	1	2	3	3,9	4,7	5,5	6,3	7,1	7,9	8,7	10,2	14,4	17,9
	3	0,3	0,6	1,2	1,7	2,2	2,7	3,2	3,7	4,2	4,7	5,2	6,2	8,9	11,3
	4	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,4	4,8	5,6	8	8,4
	5	0,15	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3	3,4	4,6	5,8
	10	0,03	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,9	3,2

Примечание: при определении доз облучения для других значений уровня радиации необходимо найденную по таблице дозу облучения умножить на соотношение $P/100$, где P_1 – фактический уровень радиации на 1 час после взрыва.

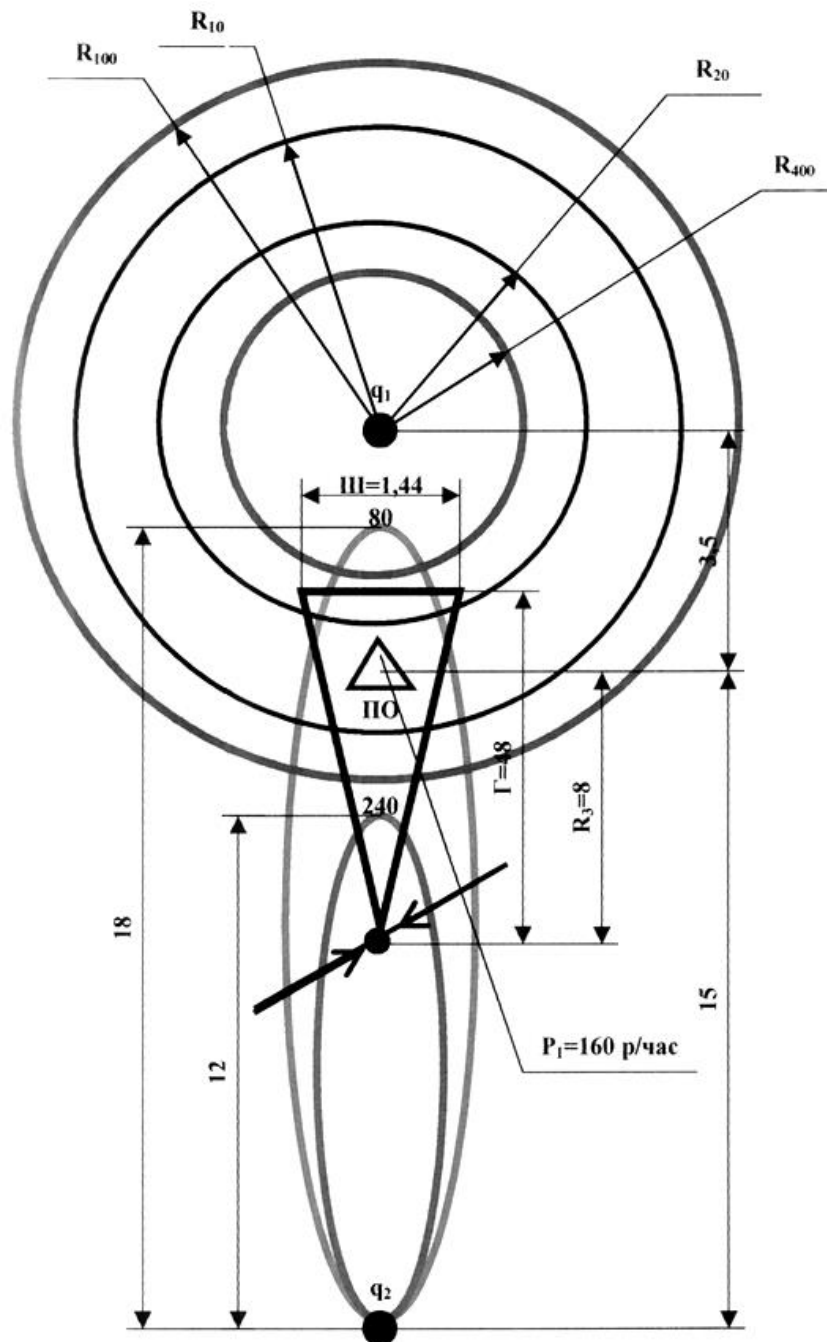


Рис. 7. Схема зон разрушений и пожаров, зон радиоактивного и химического заражения, относительно ПО

Задание №3. Оценка инженерной защиты наибольшей работающей смены и устойчивости элементов ОЭ.

Исходные данные:

1. Наибольшая работающая смена (НРС) завода 2200 человек. Для ее укрытия в случае внезапной чрезвычайной ситуации на заводе имеется:
 - 2 отдельно стоящих убежища и 7 встроенных убежищ, отвечающих требованиям СП 165.1325800.2014 [1];
 - 6 ПРУ (противорадиационных укрытий). Подвального типа, не отвечающих требованиям СП 165.1325800.2014;
 - для литейного, мартеновского и кузнечного цехов, имеется 12 индивидуальных укрытий для защиты дежурного персонала, вместимостью по 2 человека на каждое, которые укрывают ненадежно, т.е. не соответствуют требованиям СП 165.1325800.2014, их количество распределено равномерно.
2. Наибольшая работающая смена ГРЭС 627 человек. Для ее укрытия имеется:
 - 2 встроенных убежища на 450 человек;
 - 1 ПРУ встроенное на 100 человек;
 - 4 индивидуальных укрытия на 8 человек.

Таблица 51.

Характеристика и расположение убежищ и укрытий на заводе

№	Расположение	Тип защитного сооружения	Вместимость	К _{осл}
Убежища				
1	Район мартеновского цеха меха-нического цеха (9)	Отдельно стоящее (О ₁)	350	2000
2	Район сборочного цеха (15)	Отдельно стоящее (О ₁)	350	2000
3	Заводуправление	Встроенное	150	2000
4		Встроенное	150	2000
5		Встроенное	100	2000
6		Встроенное	150	2000
7		Встроенное	150	2000
8		Встроенное	150	2000
9		Встроенное	150	2000
Укрытия				
10	Инструментальный цех (23)	Подвальное	50	400
11	Прессовый цех (11)	Подвальное	50	400
12	Электрический цех (15)	Подвальное	50	400
13	Шлифовальный цех (16)	Подвальное	50	400
14	Мартеновский цех (13)	Подвальное	50	400
15	Корпус №1 нистративное здание)	Подвальное	50	400

Таблица 52.

Характеристика и расположение убежищ и укрытий на ГРЭС

№	Расположение	Наименование и вместимость защ. сооружения	Количество укрываемых	К _{осл}
1	Главный корпус: топливо транспортный цех; котлотурбинный цех; электрический цех.	3 индивидуальных укрытия на 6 человек	190	
9	Здание главного щита управления	Индивидуальное укрытие на 2 чел.	8	
10	Цех централизованного ремонта	Встроенные убежища на 250 чел.	240	1000
12	Служебный корпус	Встроенные убежища на 200 чел.	72	1000
13	Вспомогательный корпус	ПРУ встроенное	50	200

**Оценка инженерной защиты рабочих и служащих промышленного
объекта при внезапной ЧС.**

Инженерная защита работающего персонала предусматривает его укрытие по сигналу ГО в убежищах и ПРУ на территории завода или ГРЭС. При отсутствии угрожаемого периода, т.е. при внезапной ЧС, когда дополнительно ничего не построено из защитных сооружений, разрешается СНиП переуплотнить защитные сооружения на 8-10%.

Оценка инженерной защиты проводится в следующей последовательности:

1. Определяется количество имеющихся защитных сооружений, их вместимость и защитные свойства;
2. Определяется размещение защитных сооружений (радиус сбора укрываемых не должен превышать 300м для многоэтажных и 400м для одноэтажных зданий);
3. Производится расчет вместительности убежищ и укрытий с учетом допустимого переуплотнения на 8-10% при внезапной ЧС;
4. Оценивается состояние готовности защитных сооружений (время готовности не более 12 часов);
5. Рассчитывается $K_{н.з.}$ – коэффициент надежной защиты производственного персонала (это отношение количества надежно укрываемых в защитных сооружениях к общему количеству укрываемых)

$$K_{н.з.} = \frac{N_{н.з.}}{N_{о.к.}} ;$$

6. Разрабатываются мероприятия (предложения) по обеспечению надежной инженерной защиты наибольшей рабочей смены.

Таблица 53.

Оценка инженерной защиты НРС завода

Численность НРС	Вместимость убежищ	Вместимость ПРУ, индивид. укрытий	Кол-во надежно укрытых рабочих	Кол-во ненадежно укрытых рабочих	$K_{НЗ} = \frac{N_{НЗ}}{N_{ОК}}$

1. Зная численность НРС и исходные данные таблиц 1(2), заполняем таблицу 3.

Численность НРС промышленного объекта ___ человек;

Для ее укрытия на промышленном объекте имеется:

- убежищ общей вместимостью на ___ человек (указать где конкретно);

- ПРУ общей вместимостью на ___ человек (указать где конкретно);

- индивидуальных укрытий на ___ человек (указать где конкретно);

- ___ человек не обеспечены инженерной защитой.

2. При внезапной ЧС с учетом переуплотнения защитных сооружений на 10% (согласно СНиП-90) надежно укроются ___ человек, ненадежно ___ человек, не будут иметь инженерной защиты ___ человек. Коэффициент надежной инженерной защиты ___.

Вывод: завод (ГРЭС) работоспособен.

3. Для полного обеспечения надежной инженерной защиты НРС предлагаем:

- дооборудовать ПРУ по коэффициенту защиты до требований к убежищу (пояснить как это сделать и где);

- построить БВУ (быстровозводимые убежища) на ___ человек в мирное время, т.е. до ЧС (указать где и сколько БВУ построить);

- составить скользящий график работы по строительству БВУ.

Допустимыми дозами облучения считаются:

1. В мирное время:

- для всего населения предел допустимой индивидуальной дозы за 70 лет жизни – 35 бэр;

- для рабочих и служащих атомной промышленности – 5 бэр в год (за 30-и летний период работы – 150 бэр);

2. В военное время:

- однократная (в течение 4-х дней) – 50 р;

- многократная:

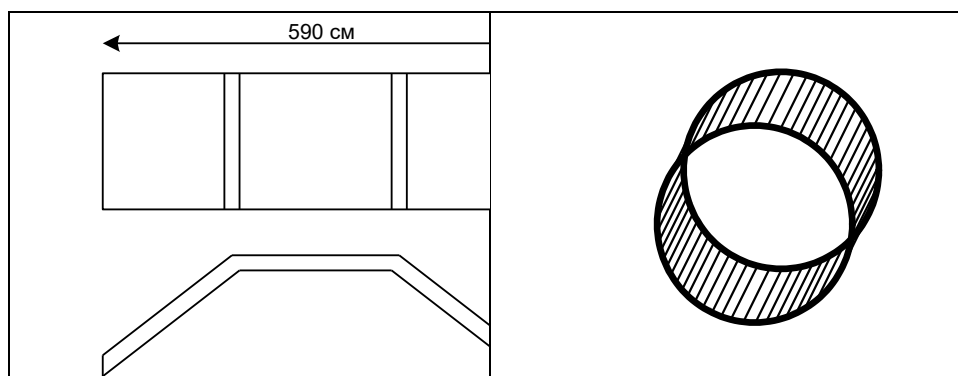
за месяц – 100 р; за квартал – 200 р; за год – 300 р;

1 бэр = 1 рад. * К (К – коэффициент качества)

1 зв. = 1 гр. * К.

Вот почему решения принимаются отдельно для каждого населенного пункта, каждого объекта и даже защитного сооружения.

Примеры конструкций, из которых состоят БВУ



Вопрос №2. Оценка устойчивости промышленного объекта к воздействию ударной волны и светового излучения.

Инженерно-технический комплекс любого предприятия включает здания и сооружения, технологическое оборудование и коммуникации, электросети, теплосети, водопровод, канализацию и газопровод. От устойчивости зданий и сооружений зависит в основном устойчивость всего объекта.

Действия ударной волны на объект характеризуется сложным комплексом нагрузок, учесть которые практически невозможно, поэтому сопротивляемость элементов воздействию ударной волны принято характеризовать величиной избыточного давления ($\Delta P_{\text{ф}}$, кПа).

В качестве критерия оценки физической устойчивости при воздействии ударной волны принято: избыточное давление во фронте ударной волны, при котором элементы производственного комплекса не разрушаются (не повреждаются) или получают такие повреждения или разрушения (слабые или частично-средние), при которых они могут быть восстановлены в короткие сроки без остановки производства.

Вообще при средних разрушениях требуется капитальный ремонт. Повышение устойчивости зданий и сооружений достигается устройством каркасов, рам, откосов, контрфорсов, опор для уменьшения пролета несущих конструкций, а также применение более прочных материалов. Низкие сооружения для повышения их прочности частично обсыпают грунтом. Такой способ может применяться для повышения устойчивости полуподвальных помещений и различных сооружений.

Высокие сооружения (трубы, вышки, башни, колонны) закрепляются оттяжками.

Емкости со АХОВ могут находиться в подземных хранилищах или обваловываться. Элементы ИТК могут подвергаться и воздействию светового излучения. Поэтому на промышленных объектах проводятся противопожарные профилактические мероприятия, как для предотвращения пожаров, так и для создания условий, затрудняющих распространение огня и облегчающих борьбу с ним. Территорию предприятия необходимо регулярно очищать от временных сгораемых сооружений и различных сгораемых отходов.

Для повышения огнестойкости деревянных конструкций применяются огнезащитная покраска и обмазка.

Покраска производится краской светлых тонов.

В качестве защитных покрытий используются огнестойкие краски, а также побелка, отражающая световое излучение, а для открытых деревянных конструкций применяется также известняковая или суперфосфатная обмазка, глина.

Для тушения пожаров на объекте сооружаются водоемы, бурятся артезианские скважины, оборудуются подъезды к ним.

В качестве критерия оценки устойчивости к воздействию светового излучения принято: максимальное значение светового импульса, при котором не происходит загорание материалов, сырья, оборудования, зданий и сооружений.

Общее руководство исследованием устойчивости осуществляет руководитель предприятия, т.е. Начальник гражданской обороны объекта (НГО), а непосредственное руководство исследовательскими группами – главный инженер. Главный инженер укажет и диапазон, в котором провести исследования устойчивости элементов объекта и какие элементы объекта подлежат исследованию.

Исследовательских групп может быть различное количество, это зависит от масштаба промышленного объекта.

Например, могут быть группы начальника отдела капитального строительства, главного энергетика, главного механика и т.д.

Основная методика оценки устойчивости промышленного объекта к воздействию ударной волны

1. Выявляются элементы, которые подлежат исследованию.
2. Изучаются характеристики выявленных элементов объекта и заносятся в таблицу №4.
3. Выявленные элементы объекта ставятся в одинаковые условия воздействия на них избыточного давления в диапазоне указанным главным инженером (0-70 кПа).
4. По таблице №5 определяем степени разрушения элементов (элемент в таблице №5 находим по его краткой характеристике, из таблицы №4). Находим для каждого элемента объекта избыточные давления, которые вызывают слабые, средние, сильные и полные разрушения, и заносим в таблицу №4.
5. Определяется критерий устойчивости каждого элемента объекта (таблица №4).
6. По степени разрушения слабого элемента, но важного в выработке продукции определяем критерий устойчивости для всего объекта.
7. Определяем предельную величину избыточного давления, до которой необходимо повысить устойчивость всех слабых элементов (для этого анализируем столбец таблицы №4 «Критерий устойчивости»).

На основе выводов из оценки устойчивости объекта выносятся предложения, рекомендации по повышению устойчивости слабых элементов.

Таблица 54

Оценка устойчивости элементов ГРЭС к воздействию ударной волны

Наименование элементов	Краткая характеристика элементов ГРЭС	Степени разрушения при ΔРф (кПа)				Критерий устойчивости	Степень огнестойкости	Категория пожарной опасности	Возгораемый материал	Световой импульс (кДж/м²)
		50	60	70	100					
Главный корпус	Обычной конструкции каркас ЖБ					25	II	Б	Кровля – рубероид	580
Дымовые трубы	Кирпичные Н=120 м							Нет		
Галерея подачи топлива	Наземная, металлическая, ЖБ закладка									
Ремонтные мастерские	Одноэтажные, ЖБ								Рамы белого цвета, кровля – металл по дереву	
Служебный корпус	4-х этажный кирпичный								Рамы темного цвета	
ОРУ	Опоры металлические									
Трансформаторы стоящие открыто	Металлические заполненные маслом									
Главный щит управления	2-х этажный кирпичный								Рамы неокрашенные, кровля металлическая	
Ацетилено-кислородный пех	Кирпичный одноэтажный								Рамы белого цвета, кровля металлическая	
Здание химводоочистки	Одноэтажное, ЖБ								Рамы неокрашенные, кровля – железо по дереву	
Вспомогательный корпус	4-х этажный кирпичный								Рамы белого цвета, кровля – железо по дереву	

- слабые разрушения

- средние разрушения

- сильные разрушения

Таблица 55
 Оценка устойчивости элементов машиностроительного завода к воздействию

Наименование элементов	Краткая характеристика элементов	Степени разрушения при ΔPф (кПа)						Критерий устойчивости	Степень огнестойкости	Категория пожарной опасности	Возгораемый материал	Световой импульс (кДж/м²)
		10	20	30	40	50	60					
Кузнечный цех	Здание каркасное, Ж/Б Мостовые									Рамы темного цвета		
Механический цех №1	Здание каркасное, Ж/Б Сталь-бетонное									Кровля – железо по дереву, рамы белого цвета		
Литейный цех	Здание каркасное, Ж/Б Мостовые									Кровля – железо по дереву Рамы		
Прессовый цех	Здание каркасное, Ж/Б Одноэтажное									темного цвета, кровля – железо по Рамы		
Механический цех №2	Здание каркасное, Ж/Б Сталь-бетонное									темного цвета, кровля – железо по Рамы не		
Мартеновский цех	Здание каркасное, Ж/Б Трубы									окрашенные, кровля – железо по дереву		
Сборочный цех	Здание каркасное, Ж/Б Крановое									Кровля – металл, рамы темного цвета		
Шлифовальный цех	Здание каркасное, Ж/Б Сталь-бетонное									Рамы темного цвета, кровля – железо		
Электроцех	Здание каркасное, Ж/Б									Рамы темного цвета		
Столярный цех	Кирпичный, одноэтажный									Доски, стружки внутри цеха, рамы темного цвета		
Склад готовой продукции	Кирпичный, одноэтажный									Рамы темного цвета		

Таблица 56

Величины избыточного давления ударной волны, характеризующие степень разрушения элементов ПО

№	Наименование элементов	Степень разрушений		
		Слабые	Средние	Сильные
1	Здания тепловых электростанций обычной конструкции	15-25	25-35	35-45
2	Здания Ж/Б с металлическим каркасом	20-30	30-40	40-50
3	Здания кирпичные малоэтажные (1-2)	8-15	15-25	25-35
4	Здания кирпичные многоэтажные (3 и более)	8-12	12-20	20-30
5	Здания из сборного Ж/Б	10-20	20-30	
6	Прессы гидравлические, станки токарные тяжелые	25-40	70-80	
7	Станки токарные средние	15-25	25-35	35-45
8	Станки токарные легкие		30-40	
9	Крановое оборудование	20-30	30-50	50-70
10	Электродвигатели	30-40	40-60	60-80
11	Трансформаторные подстанции	30-40	40-60	60-80
12	Открытые распределительные устройства (ОРУ)	15-25	25-35	
13	Трансформаторы:			
	- стоящие в помещении	20-40	40-60	60-80
	- стоящие открыто	10-30	30-50	50-60
14	Масляные выключатели и разъединители:			
	- стоящие открыто	20-30	30-40	40-60
	- стоящие в помещении	30-40	40-60	60-80
15	Технологические трубопроводы и вспомогательное оборудование	20-30	30-40	40-50
16	Дымовые трубы (Ж/Б и кирпичные)	60-80	80-90	90-120
17	Металлические трубы с обтяжками	25-30	30-45	45-50
18	Градири с деревянной обшивкой	5-10		
19	Градири из монолитного Ж/Б	30-40	40-60	60-80
20	Паровые котлы в кирпичной обкладке	20-40	40-60	60-100
21	Паровые турбины	20-30	30-50	50-80
22	Водозаборные устройства		30-40	
23	Галереи наземных ленточных конвейеров	10-15	15-20	20-25
24	Наземные металлические резервуары	30-40	40-70	70-90
25	Подземные линии водопровода, газопровода, канализации	200	700	1200
26	Отдельно стоящие убежища на $\Delta P_{\phi} = 500$ кПа	500-600	600-700	700-900
27	То же на $\Delta P_{\phi} = 300$ кПа и встроенные	300-400	400-550	550-650
28	То же на $\Delta P_{\phi} = 200$ кПа и встроенные	200-300	300-370	370-450
29	То же на $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа и встроенные	100-140	140-180	180-220
30	То же на $\Delta P_{\phi} = 50$ кПа и встроенные	50-70	70-90	90-100

Результаты оценки устойчивости элементов объекта к воздействию ударной волны

Как видно из таблицы №4 слабыми элементами к воздействию ударной волны являются (перечислить):

_____,
 _____,
 _____.

Слабым элементом, но важным в выработке продукции является _____ с критерием устойчивости $\Delta P_{\phi} =$ _____ кПа. Следовательно, критерием устойчивости к воздействию ударной волны для всего объекта будет $\Delta P_{\phi} =$ _____ кПа. Если слабый элемент не является основным в выпуске продукции, не

определяет критерий устойчивости, то тогда критерий устойчивости может определяться по основным элементам объекта.

Рекомендации

Наиболее целесообразной величиной до предела которой необходимо повысить устойчивость слабых элементов считать _____ кПа, это будет эффективно и экономически обоснованно.

Чтобы обеспечить выполнение рекомендации, необходимо наметить проведение ряда мероприятий (например):

1. Усиление несущих конструкций зданий и сооружений;
2. Заглубление в грунт инженерных, энергетических и технологических коммуникаций;
3. Устройство металлических или железобетонных поясов вокруг зданий цехов;
4. Обсыпка невысоких сооружений грунтом (в результате чего улучшается их аэродинамическая форма, увеличивается жесткость и снижается нагрузка на вертикальные конструкции);
5. Оборудование сеток, козырьков, шатров, камер, шкафов (кожухов) и т.д. для защиты уникального оборудования и контрольно-измерительных приборов от повреждения обломками зданий и сооружений;
6. Строительство укрытий для наиболее уязвимого ценного оборудования или использование для этой цели подвальных помещений;
7. Предусмотреть работу объекта на различных видах топлива (газ, мазут, уголь);
8. В зданиях имеющих большие пролеты поставить дополнительные опоры;
В многоэтажных зданиях усилить крепления к блокам лестничных маршей;
9. Сделать дополнительные крепления станков к фундаменту, оборудованные кожухи для укрытия станков, технологического оборудования;
10. Укрепление высоких сооружений оттяжками;
11. Повысить устойчивость циклонов угольной пыли путем установки дополнительных оттяжек;
12. У каркасных зданий применять облегченные конструкции стенового заполнения и увеличить стеновые проемы путем использования стекла, легких панелей из пластика и т.д. (эти материалы и панели разрушаясь уменьшают давление ударной волны на каркас сооружения, а обломки приносят меньший ущерб оборудованию).

Основная методика оценки устойчивости промышленного объекта к воздействию светового излучения

Сущность оценки устойчивости объекта к воздействию светового излучения состоит в определении возможности возникновения очагов воспламенения и распространения пожара по объекту.

Последовательность оценки возможной обстановки

1. Изучается характеристика зданий, сооружений, оборудования, распределяются строительные материалы по их возгораемости.

Все строительные материалы по возгораемости делятся на 3 группы:

- негораемые;
- трудно сгораемые;
- сгораемые.

Самыми огнестойкими являются здания из негораемых материалов (Ж/Б, металлы, неорганические материалы), однако здания из негораемых материалов могут выдерживать действие огня только определенное время, называемое пределом огнестойкости. Это время в часах от начала воздействия огня на конструкцию до образования в ней сквозных трещин при достижении температуры 200° С на поверхности, противоположной воздействию огня, или до потери конструкцией несущей способности (до обрушения). Отсюда следует, что здания, где производство связано с высокой температурой, должны иметь более толстые стены и высокую марку бетона.

2. Оценивается степень огнестойкости зданий и сооружений.

Различают 5 степеней огнестойкости зданий и сооружений. Они приведены в таблице №57.

Таблица 57

Степени огнестойкости сооружений и материалов

Степень огнестойкости	Характеристика сооружений и материалов
1	Основные элементы выполнены из негораемых материалов, а несущие конструкции обладают повышенной сопротивляемостью к воздействию огня
2	Основные элементы выполнены из негораемых материалов (предел огнестойкости не менее 2-х часов)
3	С каменными стенами и деревянными оштукатуренными перегородками и перекрытиями
4	Деревянные оштукатуренные здания
5	Деревянные неоштукатуренные здания

Определяется категория производства по пожарной опасности. Все объекты в зависимости от характера технологического процесса по пожарной опасности делятся на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Характеристика категорий по пожарной опасности изложена в таблице №58.

Категории пожарной опасности

Наименование категорий	Характеристика категорий пожарной опасности производства
А	Взрывоопасные производства (нефтеперерабатывающие заводы, склады бензина и т.д.)
Б	Цеха приготовления и транспортировки угольной пыли и древесной муки, изготовления сахарной пудры
В	Цеха, имеющие большое количество сгораемого материала (склады древесины, столярные цеха, открытые склады масла)
Г	Наличие открытого огня и горячая обработка металла, термообработка
Д	Холодная обработка металла, сгораемые материалы отсутствуют

По таблице №59 определяются величины световых импульсов, при которых происходит возгорание материалов, результаты заносятся в таблицу №55.

По слабому элементу, но важному в выработке продукции определяется критерий устойчивости объекта к воздействию светового излучения.

Определяется целесообразная величина светового импульса, до предела которой необходимо повысить устойчивость слабых элементов.

Намечаются мероприятия для повышения устойчивости элементов объекта к воздействию светового излучения.

Результаты оценки устойчивости элементов объекта к воздействию светового излучения

1. В конструкциях большинства зданий и сооружений объекта сгораемый материал – сухое дерево, покрытое рубероидом или листовым железом, оконные рамы, двери – дерево, окрашенное или неокрашенное.

2. Слабыми элементами к воздействию светового излучения являются: _____, _____.

Слабым элементом, но определяющим в работе объекта является: _____, критерий которого _____ кДж/м², следовательно критерием устойчивости для объекта будет _____ кДж/м².

Значения световых импульсов вызывающих воспламенение некоторых материалов

Наименование материала	Световой импульс (кДж/м)
Бумага газетная	125
Бумага белая	330
Сухое сено, солома, стружка	330
Хвоя, опавшие листья	420
Хлопчатобумажная ткань, темная	250
Хлопчатобумажная ткань цвета хаки	330
Хлопчатобумажная ткань, светлая	500
Конвейерная прорезиненная ткань	500
Синтетический каучук, резина автомобильная	250
Брезент палаточный	420

Брезент, окрашенный в белый цвет	1700
Шерстяные материалы	1250
Доски сосновые (сухие неокрашенные)	500
Доски, окрашенные в белый цвет	1700
Доски, окрашенные в темный цвет	250
Кровля мягкая (толь, рубероид)	570
Черепица красная (оплавленная)	840
Сосновая, кедровая крона	500
Обивка сидений автомобилей	1250

Рекомендации

Принять за наиболее целесообразный предел (экономически обоснованный) повышения устойчивости слабых элементов _____ кДж/м².

Чтобы обеспечить выполнение рекомендации, необходимо наметить проведение ряда мероприятий (например):

1. Содержать в постоянной готовности средства пожаротушения и сигнализацию;
2. Очистить территорию (указать где) от легко возгораемых материалов;
3. Снять шторы, занавесы (где), бумагу с рабочих мест;
4. Деревянные двери, рамы и стекла рам столярного корпуса обработать известкой или меловой эмульсией (350-50 г/м²);
5. Слабые элементы побелить, а при капитальном ремонте рубероид заменить на листовое железо;
6. Оборудовать технологическую канализацию на случай аварии в трансформаторах и масляных включателях для отвода масла в сборную яму;
7. На оконные проемы установить металлические жалюзи под углом 45°;
8. Построить подземные емкости для слива горючих жидкостей по сигналу ГО «Внимание всем!»;
9. Определить минимально необходимый запас горючих материалов (на 1 смену);
10. Крыши, покрытые железом покрасить белой водо-дисперсной краской;
11. На ацетиленокислородной станции поставить вышибные панели или поворачивающиеся панели, самооткрывающиеся окна, клапаны и т.д.

Задание №4. В роли командира СВСК рассчитать время и оценить обстановку, сложившуюся на территории АПО в результате ЧС

В роли командира сводной спасательной команды (СВСК) машиностроительного завода (ГРЭС) рассчитать время, отдать предварительное распоряжение своему заместителю и оценить сложившуюся обстановку на объекте в результате ЧС для принятия решения на введение аварийно-спасательных и других неотложных работ на указанном участке объекта.

Обстановка

Согласно учебного плана по обучению невоенизированных формирований на промышленных объектах 2-я СВСК находилась в загородной зоне в районе населенных пунктов Носово-Плотниково на тактико-специальных занятиях (ТСЗ).

В 9.30 утра командир СВСК получил выписку из обстановки сложившейся в результате ЧС на объекте и решения начальника ГО объекта (НГО), т.е. руководителя предприятия, из которого стало известно:

Для ГРЭС

1) На ГРЭС большинство зданий и сооружений получили сильные и средние разрушения. Завалы на главном и центральном проездах. Пожары в корпусах 3, 11, 12, 13. Возникли аварии на коммунально-энергетических сетях. Затапливается водой территория между 8 и 1 корпусами в результате аварии на водопроводе. Имеются аварии в главном (1) корпусе и открытом распределительном устройстве (6). Завалены входы в убежища в корпусах 10 и 12, и подвал корпуса 13.

Во всех убежищах и укрытиях люди нуждаются в срочной помощи. Территория ГРЭС может быть заражена радиоактивными веществами на 12 часов с уровнем радиации 18 р/час.

С ХОО находящегося южнее ГРЭС возможен подход облака с хлором с поражающей концентрацией (к 12.50).

При совершении марша на участке Владимировка-Щербинка команде придется пересекать зону «Б».

2) Второй СВСК совершить марш по маршруту №1: Носово-Владимировка-Щербинка-Объект. Исходный пункт головной колонны пройти в 10.30, перекресток дорог (1290). Прибыть на объект к 11.40. Работы начать в 12.00, закончить в 15.00.

3) Работы вести одновременно на всей территории объекта. Основные усилия сосредоточить на спасении людей и оказании им первой медицинской помощи. К 13.00 вскрыть убежище №1 корпуса 12 и подать воздух в него, вскрыть убежище №2 корпуса 10, локализовать аварию в главном корпусе и ОРУ. К 14.00 ликвидировать аварию на водопроводе, разобрать завалы и проделать проходы на главном и центральном проездах, нейтрализовать очаг химического поражения. Медпункт расположить между 12 и 17 корпусами. Пораженных эвакуировать транспортом в 10ПМ, развернутый в Черемошниках. Работы вести в средствах индивидуальной защиты. Докладывать о ходе выполнения работ через каждые 30 минут.

4) Справочные данные:

- Вторая СВСК оснащена и укомплектована на 100%. Личный состав имеет опыт ведения СДНР.
- Протяженность маршрута №1 – 40 км, дорога асфальтированная, крутых спусков и подъемов нет. Местность открытая, малопересеченная.
- Направление ветра с юга на север. Метеорологические условия брать реальные на день проведения занятия.

Для машиностроительного завода

1) В результате ЧС большинство зданий и сооружений получили сильные и средние разрушения. Большие завалы на Заводской улице и в складской зоне. Пожары в корпусах 19 и 24. возникли аварии на коммунально-энергетических сетях завода. Завалены входы в убежища в корпусах 10, 12, 13, 15 и подвалы в корпусах 1, 11, 13, 23 и 33. Поврежден водопровод в районе корпуса 11. во всех убежищах и укрытиях люди нуждаются в срочной помощи. Уровень радиации на объекте на 12 часов ожидается 18 р/час. С ХОО, который находится южнее завода возможен подход облака зараженного хлором с поражающей концентрацией (к 12.50). При совершении марша на участке Владимирово-Щербинка команде придется пересекать зону «Б».

2) Аналогичен ГРЭС.

3) Работы вести во взаимодействии с соседними формированиями на участке №2 – корпусах 3, 4, 5, 11, 12, 13, 18, 19, 23, 27, 31, 32. Локализовать аварию водопроводной сети, нейтрализовать очаг химического поражения, проделать проходы в завалах и к 13.00 вскрыть убежище в корпусе 3, к 14.00 вскрыть остальные заваленные защитные сооружения. Основные усилия сосредоточить на спасении людей из заваленных убежищ и укрытий. Одновременно спасательные работы с такими же задачами ведут: в восточной части объекта на участке №1 – механизированная рота воинской части ГО, в западной части на участке №3 – первая сводная спасательная команда.

Медицинский пункт с 12.00 у заводской поликлиники (корпус 33). Пункт сбора пораженных – между поликлиникой и сквером Березовый. Пораженных эвакуировать своим транспортом в 10ПМ, развернутый в Черемошниках. Допустимая зона облучения личного состава 25р. Работы вести в средствах защиты. Докладывать о ходе выполнения работ через каждые 30 минут.

4) Справочные данные аналогично ГРЭС.

Вопросы (пункты) на которые должен ответить студент исходя из конкретной обстановки

1. Расчет времени:
 - Время на подготовку к маршу
 - Время на совершение марша
 - Время на уточнение задачи
 - Время на ведение СДНР
2. Вопросы оценки обстановки:
 - Что произошло на объекте в результате ЧС
 - Маршрут выдвижения 2-й СВСК и въезд на объект
 - Радиационная и химическая обстановка на маршруте выдвижения и на участке работ
 - Укомплектованность и обученность 2-й СВСК
 - Соседи и их задачи
 - Характер местности и ее влияние на выполнение задачи (совершается марш)
 - Погода, время года и суток и их влияние на выполнение задачи

Примечание: В 9.30 утра командир 2-й СВСК получив распоряжение на ведение спасательных работ, рассчитав время, видит, что если он сам будет

заниматься руководством, свертыванием, построением колонн и вести колонну к объекту, то он не успеет оценить обстановку на объекте и вовремя поставить задачу на ведение спасательных работ. Поэтому, рассчитав время, командир команды оставляет вместо себя своего заместителя, а сам едет на объект оценивать обстановку. Когда команда пребудет (к 11.40), он будет готов поставить задачу.

Характеристика исследуемых зданий, сооружений оборудования ГРЭС (ОЭ №1)

1. Главный корпус

Предназначен для установки котлов и турбогенераторов. Здание имеет сборный железобетонный каркас, стеновое заполнение выполнено из керамзитовых плит, перекрытие из стальных ферм с железобетонными плитами, утеплительным слоем и мягким покрытием.

2. Сооружения угольно-топливного хозяйства:

- галерея подачи топлива на металлических и железобетонных эстакадах, конвейеры ленточные;
- склад угля – открытое расположение.

3. Сооружения мазутно-масляного хозяйства:

- резервуары для растопочного мазута – наземные, металлические;
- баки для турбинного и трансформаторного масла – металлические.

4. Химводоочистка предназначена для очистки питательной воды, котлов. Здание одноэтажное, железобетонное.

5. Цех централизованного ремонта.

Здание одноэтажное, железобетонное. В здании размещаются:

- кузнечно-термическое и заготовительно-сварочное отделение;
- электроремонтное отделение;
- сборочное отделение;
- инструментальный участок и др.

6. Здание главного щита управления предназначено для контроля и управления общестационарным оборудованием и линиями повышенных напряжений. Здание двухэтажное, оконные рамы и двери деревянные, окрашены в белый цвет.

7. Служебный корпус кирпичный, двухэтажный, оконные рамы и двери деревянные, окрашены в темный цвет, кровля – дерево и металл. На первом этаже размещены: здравпункт, зал заседаний и узел связи. На втором этаже – технический кабинет, конструкторское бюро, архив, библиотека. На третьем этаже – помещения административно- управленческого аппарата. На четвертом этаже – наладочная бригада и подрядные организации.

8. Вспомогательный корпус. Здание четырехэтажное, кирпичное. На первом этаже – столовая и кухня. На втором этаже – душевая, женские бытовые помещения. На третьем и четвертом этаже – душевые и мужские бытовые помещения.

9. Ацетилено-кислородная установка предназначена для получения кислорода, водорода путем электролиза воды и получения ацетилена.

Здание одноэтажное, кирпичное. Кровля – дерево, металл. Рамы деревянные, не окрашенные.

10. Открытое распределительное устройство (ОРУ) опоры металлические. На ОРУ размещаются: выключатели, разъединители, трансформаторы тока и напряжения и др.

11. Трансформаторы, стоящие открыто. Металлические, заполнение – масло.

12. Дымовые трубы – кирпичные, высотой 120 м.

Защитные сооружения на территории электростанции.

- убежище №1, встроенное (служебный корпус №12), вместимость 200 человек, Косл=1000.

- убежище №2, встроенное (здание централизованного ремонта №10), вместимость 250 человек, Косл=1000.

- ПРУ, встроенное (вспомогательный корпус №13), вместимость 100 человек, Косл=100.

- индивидуальные укрытия для дежурного персонала: 3 в главном корпусе и в здании главного щита управления. Вместимость каждого – 2 человека. Возможности: в течение 3-х суток могут быть построены 2 быстровозводимых убежища из готовых конструкций, вместимостью каждого 75 человек. Место расположения: №3 вблизи служебного корпуса; №4 вблизи цеха централизованного ремонта.

Характеристика исследуемых зданий, сооружений оборудования Машиностроительный завод (ОЭ №2)

Площадь, занимаемая заводом, равна 560000(кв.м.), плотность застройки заводской части более 30%.

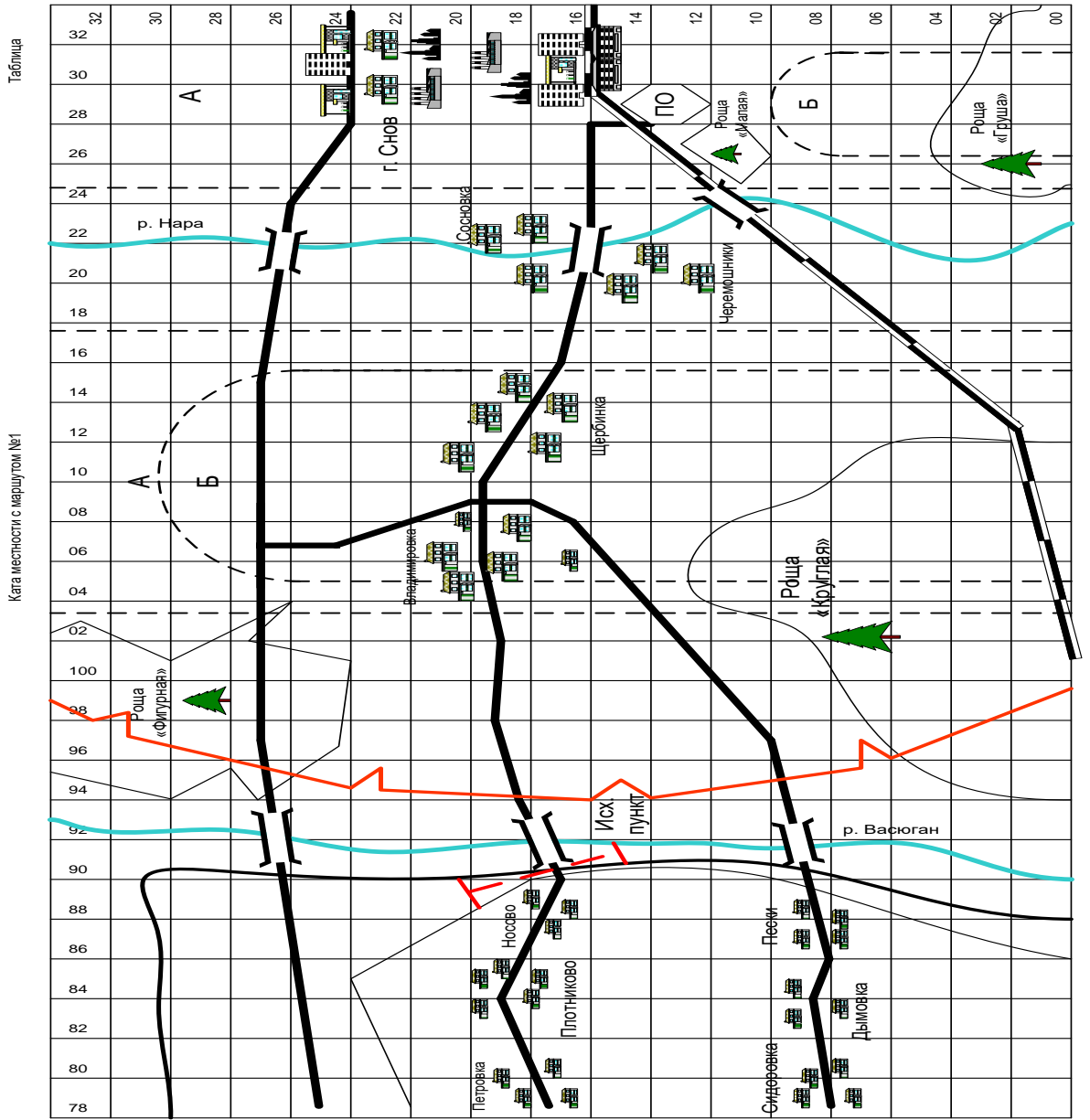
1. Мартеновский цех (13) производит сталь из чугуна и металлолома, формирует и отливает детали из стали. Цех имеет два пролета: печной 40*60=240(кв.м.) и литейный 50*60=300(кв.м.). Цех оборудован тремя десятитонными мостовыми кранами и одним четырех тонным краном для разлива металла. Здание железобетонное, каркасное, покрыто железом, высота 14(м), трубы печей – кирпичные, высотой 40(м).

2. Литейный цех (10) производит формовку и отливку чугунных станин станков-автоматов. Цех имеет два пролета: печной и литейный. В печном пролете находятся вагранки. В литейном зале производится формовка, заливка жидким чугуном форм. Зал оборудован пятитонными мостовыми кранами. Здание железобетонное, каркасное, покрыто железом.

3. Кузнечный цех (8) производит обработку стальных слитков чугуна, имеет нагревательные печи, паровые и электрические молоты и оборудован двумя десятитонными мостовыми кранами. Здание железобетонное, каркасное, кровля железная, высота 11(м).

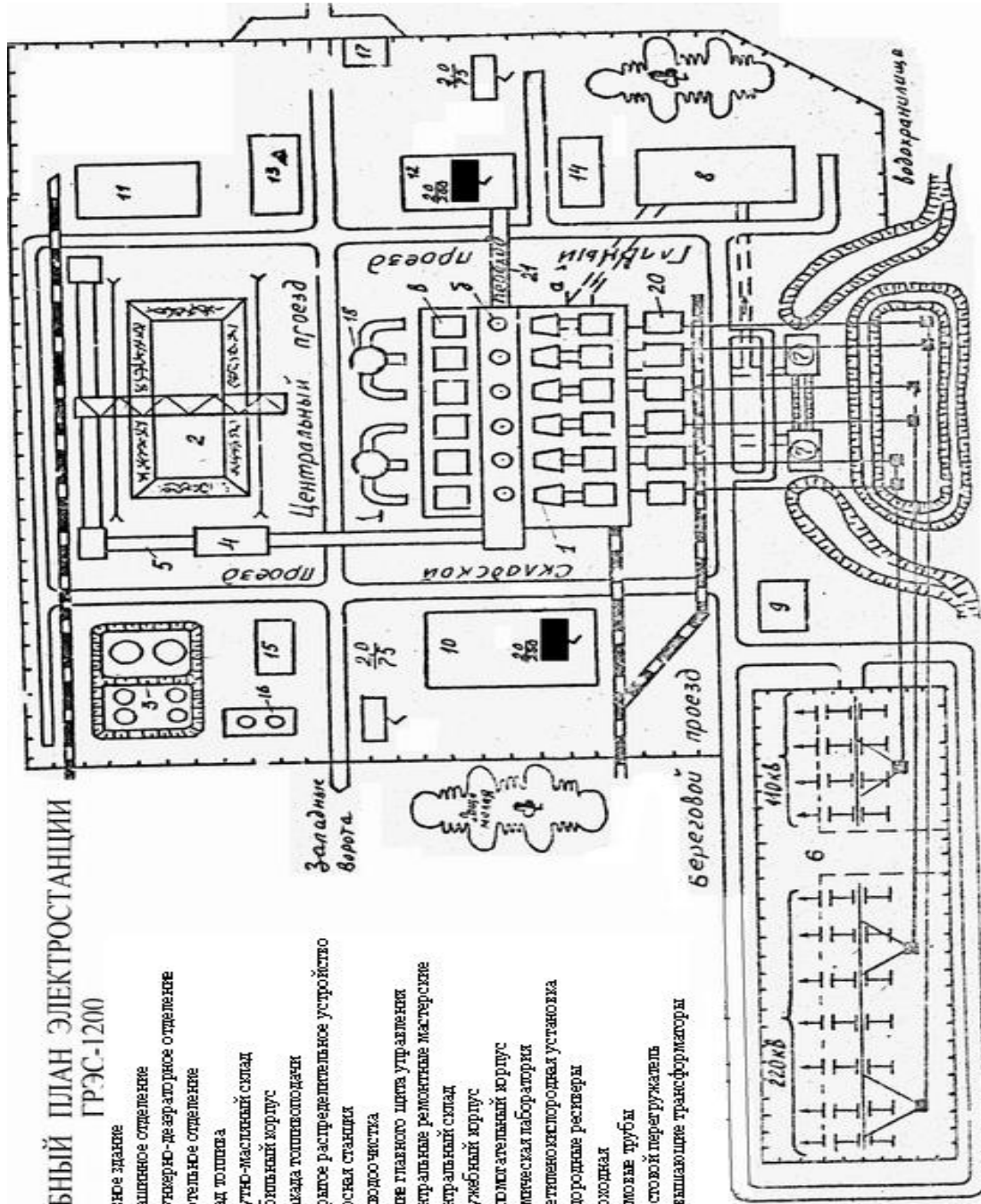
4. Механические цеха (9) №1 и (12) №2 производят механическую отработку частей для автономных станков. Оборудование: токарно-карусельные и токарно-расточные станки (средние). Здания цехов железобетонные, каркасные, высота 9(м), кровля железная, двери и рамы окон деревянные, окрашены в темный цвет.

5. Шлифовальный цех (16). Здание железобетонное, каркасное, кровля железная, двери и рамы окон деревянные, окрашены в белый цвет.
6. Сборочный цех (15) производят сборку выпускаемых станков-автоматов. Оборудование: станочное среднее и крановое. Здание железобетонное, каркасное, высота 8(м), кровля железная, двери и рамы окон деревянные, не окрашенные.
7. Инструментальный цех (23) изготавливает комплекты контрольно-измерительных инструментов. Здание железобетонное, каркасное, двери и рамы окон деревянные, окрашены в темный цвет. Высота здания 12 м.
8. Прессовый цех (11) производит прессовку литья из лома, прибывшего на переплавку. Здание железобетонное, каркасное, одноэтажное, покрыто железом.
9. Столярный цех (27) изготавливает тару для упаковки изделий массового потребления. Здание кирпичное, одноэтажное, покрыто железом. Оборудование: электродвигатели мощностью от 2 до 10кВт, открытые.
10. Цех ширпотреба (17). Здание кирпичное, одноэтажное, покрыто железом, рамы окон деревянные. Оборудование: станки легкие и средние.
11. Численность рабочих и служащих: общее число рабочих и служащих – 3500, из них в первой смене (наибольшей) – 2200 человек, во второй смене – 1300 человек.
12. Защитные сооружения ГО: на заводе имеются: 2 отдельно стоящих убежища и 7 встроенных убежищ (эти убежища отвечают требованиям СНиП), укрытия (подвальные помещения) – 6, их защитные свойства не отвечают требованиям СНиП. Для мартеновского, литейного, кузнечного цехов подготовлено 12 индивидуальных укрытий для защиты дежурного персонала (вместимость каждого – 2 человека).

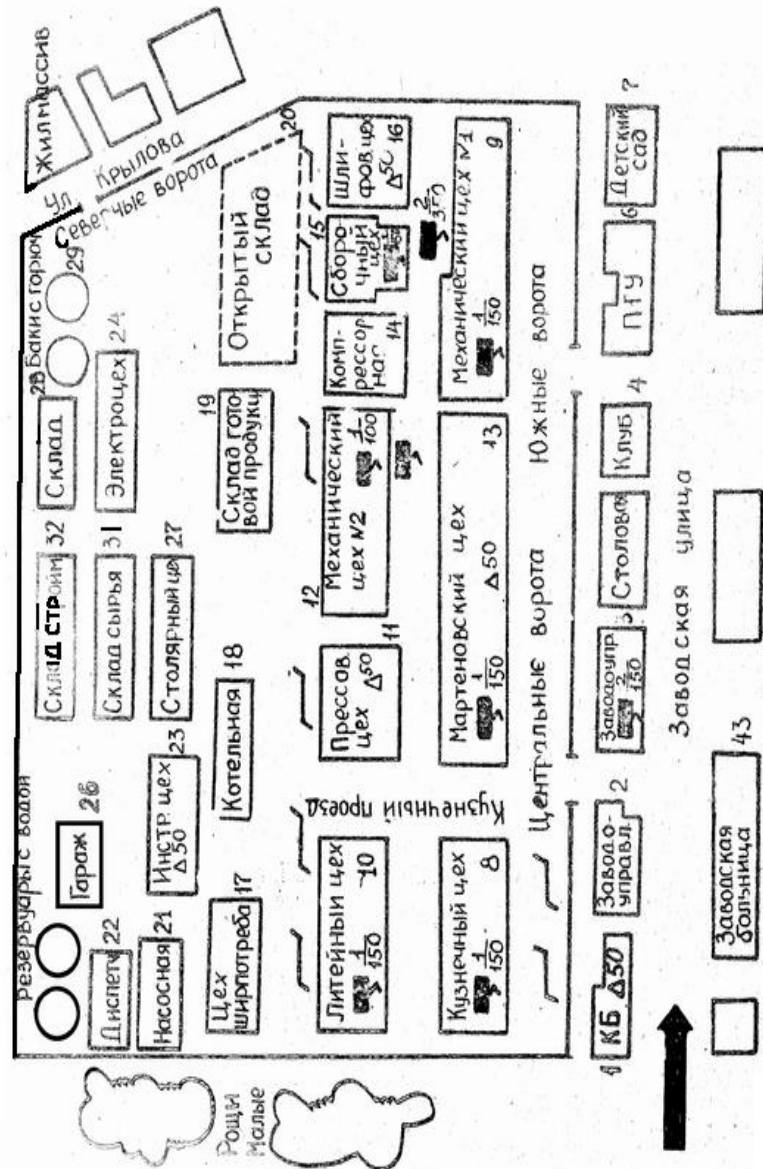


УЧЕБНЫЙ ПЛАН ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ГРЭС-1200

1. Главное здание
 - а) машинное отделение
 - б) буферно-дезартурное отделение
 - в) котельное отделение
2. Склад топлива
3. Мауно-масляный склад
4. Дробильный корпус
5. Эстакада топливозащиты
6. Отрядное распределительное устройство
7. Насосная станция
8. Химводоочистка
9. Здание главного цеха управления
10. Центральные ремонтные мастерские
11. Центральный склад
12. Служебный корпус
13. Вспомогательный корпус
14. Химическая лаборатория
15. Ацетиленовая лаборатория
16. Водородные ресиверы
17. Проходная
18. Дымовые трубы
19. Мостовой регулятор
20. Повышающие трансформаторы



УЧЕБНЫЙ ПЛАН МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА



Литература

1. СП 165.1325800.2014 ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЕ

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сфера экологического нормирования и стандартизации, связанная с техногенным загрязнением среды, опирается на гигиенические нормы и использует установленные предельно допустимые концентрации (ПДК).

Согласно ФЗ-7 «Об охране атмосферного воздуха» [1] предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ количественно определяют, какое содержание вредных веществ в атмосферном воздухе не оказывает ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на человека и окружающую среду.

Под *прямым воздействием* понимают временное негативное раздражение организма или патологические изменения в организме при накоплении в нем вредных веществ выше определенной дозы.

Косвенное воздействие вредных веществ вызывает такое изменение в окружающей среде, которое, не оказывая непосредственного вредного влияния на организм, ухудшает условия его жизнедеятельности (например: увеличивает число туманных дней, поражает почву и зеленые насаждения кислотным дождем и т. п.).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это максимальная концентрация вредных веществ в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом или постоянном воздействии на протяжении всей жизни организма не оказывает вредного воздействия на его здоровье, включая воздействие на его потомство, а также на окружающую природную среду [2].

На основании величин ПДК с помощью специальных программ вычисляются значения предельно допустимых эмиссий — предельно допустимые выбросы в атмосферу (ПДВ), предельно допустимый сброс в водоемы (ПДС) тех или иных веществ, выделяемых конкретными источниками (предприятиями) данной территории. При этом учитываются характеристики источников и условия распространения эмиссий.

Предприятия, независимо от времени ввода их в эксплуатацию, должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ. При невозможности уменьшения выбросов до установленных нормативов соответствующие предприятия, сооружения и иные объекты закрываются или их профиль подлежит изменению.

При особо неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ), способствующих накоплению в нижних слоях атмосферы выбросов, угрожающих здоровью людей, предприятия обязаны перейти на режим с уменьшенным количеством выбросов или в необходимых случаях полностью прекратить работу.

В соответствии с «Методикой расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе», утвержденной приказом Минприроды России от 6 июня 2017 года № 273 [3] не допускается рост выбросов загрязняющих веществ, концентрация которых в атмосферном воздухе превышает ПДК в зоне рассеивания выбросов рассматриваемого предприятия.

Основным средством для соблюдения ПДК для населенных мест является установление для каждого стационарного источника нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу определяются с учетом выбросов загрязняющих веществ от всех других источников в данном районе и перспектив развития этих предприятий.

ПДВ устанавливают в зависимости от местоположения источника выбросов по отношению к жилым районам, условий рассеивания загрязняющих веществ в географическом районе, температуры окружающего воздуха, рельефа местности, условий поступления газов в атмосферу (высота и диаметр трубы, температура и объем газов) и других факторов.

Нормативы ПДВ устанавливаются на основании расчетов приземных концентраций на границе жилой зоны и сопоставления этих результатов с ПДК отдельно для каждого из загрязняющих веществ, содержащегося в выбросах источников.

Рассчитывают при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях. Например, для того чтобы в ближайшем к заводским трубам жилом квартале города при наименее благоприятных условиях рассеяния не превышались ПДК определенных загрязнителей, нужно ограничить выброс этих веществ постоянной предельной величиной — ПДВ. Подобная ситуация схематически отображена на рис. 1.

Сверхнормативные эмиссии влекут за собой экономические и административные санкции.

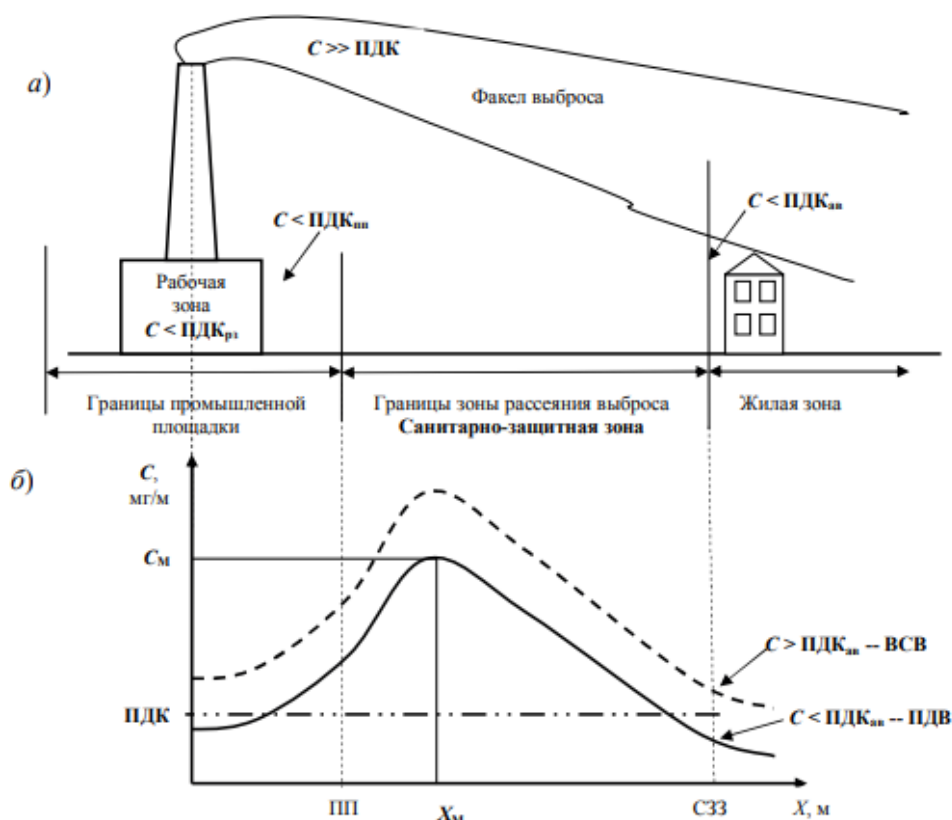


Рис.1 - Схема зоны загрязнения в районе промышленного источника: а — схема рассеивания выбросов; б — график изменения концентрации загрязняющего вещества C в приземном слое по мере удаления от источника выброса X

Осуществление мероприятий, необходимых для достижения ПДВ, требует значительных капиталовложений. Поэтому величины ВСВ устанавливаются на период, пока эти мероприятия не будут осуществлены.

Степени опасности вредных веществ по ГОСТ 12.1.007–76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [6] классифицирует все вредные вещества по степени их воздействия на организм человека. **Выделены четыре класса опасности вредных веществ:**

- 1-й класс — чрезвычайно опасные;
- 2-й класс — высоко опасные;
- 3-й класс — умеренно опасные;
- 4-й класс — малоопасные.

Размер СЗЗ устанавливается в зависимости от класса предприятия в соответствии с СанПин 2.2.1/2.1.1.1200–03 [7]. В табл. 60 приведены размеры санитарно-защитных зон в зависимости от санитарной классификации предприятий.

Таблица 60 Размеры СЗЗ

Наименование показателей	Класс предприятия				
	I	II	III	IV	V
Вид производства	Производство аммиака, азотных удобрений; металлургические комбинаты; угольные ТЭС	Производство кокса, автомобилей, цемента, антибиотиков; добыча железных руд; газовые ТЭС	Производство пластмасс, метизов, фасонного литья, обуви; ТЭЦ и котельные; добыча нефти, газа	Элеваторы; производство спирта, пряжи и тканей, железобетона; металлургическая обработка	Автомобильные газонаполнительные станции, малые типографии; добыча песка, глины; овощехранилища, склады
Размер СЗЗ, м	1000	500	300	100	50

Санитарно-защитная зона — обязательный элемент любого объекта, который является источником воздействия на среду обитания и здоровье человека. Санитарно-защитная зона утверждается в установленном порядке в соответствии с законодательством Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии санитарным нормам и правилам.

Ширина санитарно-защитной зоны устанавливается с учетом санитарной классификации, результатов расчетов ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха и уровней физических воздействий, а для действующих предприятий — и натурных исследований.

Территория санитарно-защитной зоны предназначена:

- для обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами;
- создания санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки;

- организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха, повышение комфортности микроклимата.

В СЗЗ запрещено располагать:

- жилые объекты;
- детские дошкольные, школьные и лечебные учреждения;
- сельхозугодья, выпас скота.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ

РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

Для оценки состояния воздушной среды в производственном помещении и загрязнения атмосферного воздуха в жилой зоне, расположенной около данного производственного помещения, необходимо рассчитать приземные концентрации вредных веществ в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от ИЗА при опасной скорости ветра. Построить график распределения концентраций $C=f(x)$

Определить класс вещества и размеры ССЗ, сравнить концентрацию вредных веществ в районе жилого комплекса с ПДК [11].

В реальном производстве в воздух выбрасывается одновременно большой перечень различных вредных веществ.

Задача 1

Дано: г. Томск, ИЗА – труба котельной завода, На расстоянии 450 м от завода находится жилой комплекс.

Таблица 61

Данные для расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ

Параметр	Обозначение	Размерность	Значение
Высота трубы	H	м	30
Диаметр устья	D	м	1
Скорость выхода газовой смеси из устья	W_0	м/с	7,06
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы*	A	-	-
Температура газовой смеси	T_r	°C	160
Массовый выброс оксида углерода CO (0337 по [9])	M	г/с	11,4
Расстояние от ИЗА по оси факела	X	м	10,20,30...до Хм.и далее до границы ССЗ
Безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в воздухе	F	-	1 - для газообразных и мелкодисперсных вредных веществ; 2-для мелкодисперсных аэрозолей (коэф. очистки 90%); 3 - при отсутствии очистки
Безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности	η	-	1 - для ровной и слабонересеченной местности 2- для холмов 3 - для гор

**соответствует неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна:*

- 250 – районы Северной Азии южнее 40⁰сш, Бурятия, Читинская область
- 200 – районы России южнее 50⁰сш, Нижнее Поволжье, Кавказ, Молдова, Дальний Восток, Казахстан, Средняя Азия и часть Сибири
- 180 - Европейская территория России и Урала 50 - 52⁰сш
- 160 – Европейская территория России и Урала севернее 52⁰сш
- 140 – Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области

Решение:

Рассчитываем величину приземной концентрации [10]:

$$C(x) = S_1 * C_M \quad (1)$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, находящийся в зависимости от отношения:

Если $X/X_M \leq 1$, то

$$S_1 = 3(x/x_M)^4 - 8(x/x_M)^3 + 6(x/x_M)^2 \quad (2)$$

Если $X/X_M > 1$, то

$$S_1 = 1,13 / (0,13(x - x_M)^2 + 1) \quad (3)$$

Определяется **максимально возможная концентрация** в приземном слое атмосферного воздуха, C_M , мг/м³:

$$C_M = \frac{A * M * m * n * \eta}{H^2 * \sqrt[3]{(V_1 * \Delta T)}} \quad (4)$$

$$\text{где } V_1 = \frac{\pi * D^2}{4} * \omega_0, \quad (5)$$

расход газовой смеси (зависит от диаметра устья)

ΔT - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b , °С. T_b принимается равной средней температуре наружного воздуха в 13 ч наиболее жаркого месяца года [10].

Принимаем $T_b = +23,7^\circ\text{C}$ для Томска по СП 131.13330.2018 Строительная климатология [8], тогда $\Delta T = 160 - 23,7 = 136,3^\circ\text{C}$.

Рассчитываем безразмерный **коэффициент m**:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad (6)$$

где f :

$$f = 10^3 \frac{\omega_0 D}{H^2 \Delta T} \quad (7)$$

Далее необходимо рассчитать **расстояние**, на котором **концентрация** вредных веществ в атмосферном воздухе по оси факела выбросов будет **максимальной**:

$$X_M = \alpha * H, \text{ если } F \leq 1 \quad (8)$$

$$X_M = \frac{5-F}{4} * \alpha * H, \text{ если } F > 2 \quad (9)$$

где безразмерный коэффициент α :

$$\alpha = V_M(1 + 0,28\sqrt{f}), \text{ если } V_M \leq 2 \quad (10)$$

$$\alpha = 7\sqrt{V_M}(1+0,28\sqrt{f}), \text{ если } V_M > 2 \quad (11)$$

Где V_M - скорость максимального распространения вредных веществ:

$$v_m = 0,65^3 \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}}; \quad (12)$$

Коэффициент n:

$$\text{При } v_m \leq 0,3n = 3;$$

$$\text{При } 0,3 < v_m \leq 2n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)}; \quad (13)$$

$$\text{при } v_m > 2n = 1.$$

Расчеты:

1. Рассчитываем расход газовой смеси по формуле (5):

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 7,06 = 5,54 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$2. f = 10^3 \cdot \frac{7,06 \cdot 1}{30^2 \cdot 136,3} = 0,06$$

$$3. m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{0,06 + 0,34^3 \sqrt{0,06}}} = 0,82$$

4. V_M - скорость максимального распространения вредных веществ:

$$V_M = 0,65^3 \sqrt{\frac{5,54 \cdot 136,3}{30}} = 1,9 \text{ м/с}$$

Поэтому по формуле (13) рассчитываем коэф. n

$$5. n = 3 - \sqrt{(1,9 - 0,3) \cdot (4,36 - 1,9)} = 1,03$$

6. Рассчитываем **максимально возможная концентрация** в приземном слое атмосферного воздуха по формуле (4):

$$C_M = \frac{160 \cdot 11,4 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 1,03 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt{(5,54(160 - 23,7))}} = 0,2 \text{ мг/м}^3$$

7. Находим коэф. α по формуле (10)

$$\alpha = 1,9(1 + 0,28\sqrt{0,06}) = 2,0$$

8. Находим расстояние, где наблюдается максимальная концентрация по формуле (8)

$$X_M = 2,0 \cdot 30 = 60 \text{ м}$$

9. Рассчитываем безразмерный коэффициент S_1 по формулам (2) и (3) и заносим данные в таблицу 63.

10. Рассчитываем величину приземной концентрации по формуле (1) и заносим данные в таблицу 63.

Таблица 63

X	x/X _M	S ₁	C, мг/м ³
10	0,16	0,13	0,026
30	0,5	0,688	0,1376
40	0,67	0,89	0,178
50	0,83	0,98	0,196
60	1	1	0,2

100	1,66	0,8	0,16
150	2,5	0,6	0,12
250	4,16	0,34	0,068
300	5	0,27	0,054
10	0,16	0,13	0,026
30	0,5	0,688	0,1376
40	0,67	0,89	0,178

На основании полученных данных строится график зависимости $C=f(x)$



Рисунок 2 – график изменения приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе вдоль направления оси факела выброса

Вывод: котельные относятся к III классу опасности и имеют ССЗ 300 м, таким образом, жилой комплекс оказывается за пределами ССЗ. Даже максимальная концентрация СО (4 кл. опасности) не превышает ПДК_{сс}=3,0 мг/м³. Приземная концентрация минимальна в источнике выброса, постепенно увеличивается, достигая максимума на расстоянии 60 м от ИЗА и далее наблюдается ее снижение.

Приложение

Исходные данные для выполнения задания

№ Ва р	H, м	D, м	w, м/с	Xo, м	Yo, м	Kсзз	Kоч, %	На-прав. ветра	Город рас-положения ИЗА	U*, м/с	Наименование загряз-няющего вещества	M г/с,	ΔT, °C
1	11	0,4	8,8	800	900	5		С-В	Архангельск	10	1401 Ацетон	60,99	27
2	12	0,55	8,9	900	900	4	59	С-В	Астрахань	12	0138 Марганец и его соедин.	20,99	25
3	14	0,6	6,8	700	700	5		Ю	Барнаул	12	0330 Сернистый ангидрид	94,53	58
4	22	0,55	8,9	400	900	2	83	Ю-В	Белгород	9	0203 Хром и его соедин.	10,99	26
5	29	0,8	14,0	700	900	3		С-В	Благовещенск	8	0616 Ксилол	55,21	27
6	32	0,55	8,9	500	900	5	92	Ю-В	Брянск	9	0184 Свинец и его соедин.	4,99	45
7	24	0,6	12,4	400	900	5	71	С-В	Владивосток	10	2936 Древесная пыль	43,54	28
8	14	0,6	6,8	600	900	4	99	Ю-В	Владимир	12	2926 Зола электростанций	31,53	66
9	35	1,0	16,4	700	900	4		Ю-В	Волгоград	10	0337 Углерода оксид	128,88	60
10	29	0,8	14,0	800	900	3		Ю-В	Воронеж	8	Фтористый водород	23,21	42
11	11	0,4	8,8	900	900	5		Ю-В	Иваново	10	1401 Ацетон	51,76	30
12	12	0,55	8,9	400	900	4	86	В	Иркутск	12	0138 Марганец и его соедин.	21,22	50
13	12	0,55	8,9	700	800	3		Ю	Казань	8	2732 Керосин	94,99	30
14	22	0,55	8,9	500	900	2	83	В	Калининград	9	0203 Хром и его соедин.	30,99	44
15	32	0,55	8,9	600	900	5	96	В	Калуга	9	2902 Взвешенные вещества	124,46	50
16	27	0,8	12,0	700	900	3	85	В	Кемерово	8	2902 Взвешенные вещества	94,99	50
17	22	0,6	14,8	900	900	5	71	В	Кострома	10	2936 Древесная пыль	55,42	30

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации "Об охране атмосферного воздуха" от 04.05.1999 N 96-ФЗ
2. Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. Об охране окружающей среды № 7-ФЗ
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 г. № 273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе"
4. Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе Охрана труда в строительстве : учеб. пособие / Д. В. Коптев [и др.] ; под ред. проф. Д. В. Коптева. М. : МЦФЭР, 2007. 512 с.
5. Предупреждение чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения : сборник нормативных документов. Екатеринбург : УралЮрИздат, 2006. 140 с.
6. ГОСТ 12.1.007–76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов

8. СП 131.13330.2018 Строительная климатология.
http://helpeng.ru/ov/climatology_1999
9. Приказ Росстата от 08.11.2018 N 661 "Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере природопользования федерального статистического наблюдения за охраной атмосферного воздуха"
10. Руководство по проектированию санитарно-защитных зон промышленных предприятий/ЦНИИП градостроительства.— М.: Стройиздат, 1984, 33 с
11. ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.

Учебное издание

**О.А. Антоневи́ч, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников,
И.Л. Мезенцева, Е.Н. Пашков, И.И. Романцов
А.И. Сечин, Ю.М. Федорчук**

Безопасность жизнедеятельности Практикум

Учебное пособие

Корре́ктура И.О. Фа́милия
Компью́терная верстка И.О. Фа́милия
Диза́йн обложки И.О. Фа́милия

Подписано к печати 00.00.2021. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ. л. 0,00. Уч.-изд. л. 0,00
Заказ 000-18. Тираж 100 экз.