

Министерство образования и науки Российской Федерации
Амурский государственный университет

С.А. Приходько

БЕЗОПАСНОСТЬ
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ:
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА
ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННЫХ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Учебное пособие

Благовещенск

2014

ББК 68.9я73

П75

*Рекомендовано
учебно-методическим советом университета*

Рецензенты:

И.В. Бибик – зав. кафедрой БЖД ДальГАУ, канд. техн. наук, доцент;

В.Н. Аверьянов, доцент кафедры БЖД АмГУ, канд. физ.-мат. наук

Приходько С.А.

П75 Безопасность в чрезвычайных ситуациях: прогнозирование и оценка последствий техногенных чрезвычайных ситуаций: Учеб. пособие. – Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2014. – 228 с.

В учебном пособии дается краткая характеристика чрезвычайных ситуаций техногенного характера, приведены методики прогнозирования последствий таких ситуаций и варианты практических заданий для студентов.

Пособие разработано для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность».

Отдельные расчеты будут полезны для всех студентов вуза в качестве учебного пособия при изучении раздела «Защита населения в чрезвычайных ситуациях» в рамках дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

ББК 68.9я73

© Приходько С.А., 2014

© Амурский государственный университет, 2014

ВВЕДЕНИЕ

В концепции федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года» отмечается, что в последнее десятилетие количество опасных природных явлений и крупных техногенных катастроф на территории Российской Федерации ежегодно растет, при этом число чрезвычайных ситуаций и погибших в них людей на протяжении последних лет неуклонно снижается. Это говорит о высокой эффективности предупредительных мероприятий и мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Однако природные и техногенные риски чрезвычайных ситуаций, возникающие в процессе глобального изменения климата, хозяйственной деятельности или в результате крупных техногенных аварий и катастроф, несут значительную угрозу для населения и объектов экономики страны. Особенно актуален вопрос обеспечения безопасности жизнедеятельности населения от угроз природного и техногенного характера при реализации новых крупных экономических и инфраструктурных проектов.

В зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на потенциально опасных объектах в России проживает свыше 90 млн. человек.

Годовой экономический ущерб (прямой и косвенный) от чрезвычайных ситуаций составляет 1,5-2% валового внутреннего продукта (от 675 до 900 млрд. рублей). Чрезвычайные ситуации федерального и регионального характера в регионах с малым бюджетом могут существенно ограничивать их социально-экономическое развитие.

В соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р, планируется поддержание высокого уровня национальной безопасности и обороноспособности страны, включая безопасность населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Такой подход требует реализации комплекса взаимоувязанных по ресурсам, срокам и этапам

преобразований. При этом должна произойти смена приоритетов при защите населения и территорий от опасности и угроз различного характера – вместо «культуры реагирования» на чрезвычайные ситуации на первом месте должна быть «культура предупреждения».

Предупреждение чрезвычайных ситуаций является одной из важнейших задач «Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС)». Весь комплекс мероприятий по предупреждению ЧС направлен на предотвращение ЧС и уменьшение их масштабов в случае возникновения.

Предотвращение ЧС предполагает организацию наблюдения и контроля за состоянием обстановки на потенциально опасных объектах и в окружающей природной среде, прогнозирование и профилактику возникновения источников ЧС, а также подготовку к чрезвычайным ситуациям.

Из этой формулировки следует, что прогнозирование обстановки в различных ЧС и подготовка объектов экономики к защите персонала объекта и населения от воздействия поражающих факторов занимают важное место как в предотвращении, так и в предупреждении ЧС.

Масштабы потерь в людях и разрушений на объектах экономики во многом зависят от умения руководителей и специалистов этих объектов прогнозировать характер возможных ЧС и принимать меры по их предупреждению, а в случае их возникновения – по защите персонала объекта и ликвидации последствий ЧС.

В этой связи многократно возрастает роль специалистов в области обеспечения безопасности в техносфере, а следовательно, и требования к уровню освоения ими основной образовательной программы по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность».

Область профессиональной деятельности бакалавров по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность» включает обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на природную среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет

использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования.

Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) предусмотрено, что бакалавр по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность» должен решать широкий спектр профессиональных задач в области обеспечения безопасности техносферы, в том числе принимать участие в разработке средств спасения и организационно-технических мероприятий по защите территорий от природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, а также деятельности предприятий в чрезвычайных ситуациях и их ликвидации.

В этой связи одной из главных задач данного учебного пособия, по мнению автора, является формирование у студентов знаний, умений и навыков в заблаговременном прогнозировании и оценке обстановки при чрезвычайных ситуациях техногенного характера в целях принятия мер по их предупреждению, смягчению последствий, определению сил и средств, необходимых для их локализации и ликвидации.

Книга будет полезна для всех студентов вуза в качестве учебного пособия для организации и проведения самостоятельной работы и практических занятий при изучении раздела «Защита населения в чрезвычайных ситуациях» по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности» и «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность».

Автор надеется, что это учебное пособие внесет свой вклад в повышение качества образовательного процесса, а следовательно, и уровня подготовки специалистов в области техносферной безопасности.

Глава 1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

1.1. Общая характеристика и классификация ХОО

Среди чрезвычайных ситуаций техногенного характера аварии на химически опасных объектах (ХОО) занимают одно из важнейших мест. Химизация промышленной индустрии обусловила возрастание техногенных опасностей, связанных с химическими авариями, которые могут сопровождаться аварийными выбросами в атмосферу химически опасных веществ (АХОВ), значительным материальным ущербом и большими человеческими жертвами. Как свидетельствует статистика, в последние годы на территории Российской Федерации ежегодно происходит 80-100 аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ в окружающую среду. Конечно, при этом лишь часть химических соединений при сочетании определенных токсических и физико-химических свойств может стать причиной массовых поражений людей. В связи с этим приходится сосредоточивать внимание только на нескольких сотнях наиболее распространенных, наиболее токсичных веществ.

Химически опасный объект (ХОО) – объект, на котором хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества, при аварии на этом объекте или при разрушении его могут произойти гибель или химическое заражение людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также химическое заражение окружающей природной среды (ГОСТ Р22.0.05-94).

К ХОО относятся предприятия химического и нефтехимического комплекса, хладо-, мясокомбинаты, молокозаводы, станции водоочистки городов, газо-, нефте- и аммиакопроводы, различные хранилища ОВ и АХОВ. В основе классификации ХОО лежит количественная оценка степени опасности объекта с учетом следующих характеристик:

масштаба возможных последствий химической аварии для населения и прилегающих к объекту территорий;

типа возможной ЧС при аварии на ХОО по наихудшему сценарию;

степени опасности АХОВ, используемых на ХОО;
риска возникновения аварии на ХОО.

По масштабам возможных последствий аварии на ХОО делятся на четыре степени химической опасности, классификация их приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Классификация химически опасных объектов

Показатель опасности ХОО	Кол-во рабочих, служащих и населения, находящихся в прогнозируемой зоне химического заражения с поражающими концентрациями
I степень ХО	≥ 75 тыс. чел.
II степень ХО	От 40 до 75 тыс. чел.
III степень ХО	До 40 тыс. чел.
IV степень ХО	Зона поражения с поражающими концентрациями не выходит за пределы территории объекта

К химически опасным объектам 1-й степени относятся крупные предприятия химической промышленности, водоочистные сооружения, расположенные в непосредственной близости или на территории крупнейших и крупных городов.

К объектам 2-й степени ХО относятся предприятия химической, нефтехимической, пищевой и перерабатывающей промышленности, водоочистные сооружения коммунальных служб больших и средних городов, крупные железнодорожные узлы.

К объектам 3-й степени ХО относятся небольшие предприятия пищевой и перерабатывающей промышленности (хладокомбинаты, мясокомбинаты, молокозаводы и др.) местного значения, водоочистные сооружения и др. средних и малых городов и сельских населенных пунктов.

К объектам 4-й степени ХО относятся предприятия и объекты с относительно малым количеством АХОВ (менее 0,1т).

Как и аварии, по степени химической опасности ранжируются субъекты Российской Федерации и муниципальные образования. К 1-й степени химической опасности относятся городские и сельские районы и города, области, края,

в которых в зоне возможного химического заражения проживает более 50% населения, ко 2-й степени – от 30 до 50%, к 3-й степени – от 10 до 30% населения.

При химических авариях АХОВ распространяются в виде облаков газов, паров, аэрозолей или в виде жидкостей.

Первичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1-3 мин.) перехода в атмосферу части содержимого емкости с АХОВ при ее разрушении.

Вторичное облако – облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Под *эквивалентным количеством* сильно действующего ядовитого вещества понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени вертикальной устойчивости воздуха количеством данного вещества, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

Опасность на ХОО реализуется в виде химических аварий. *Химической аварией* называется авария на химически опасном объекте, сопровождающаяся проливом или выбросом опасных химических веществ, способных привести к гибели или химическому заражению людей, продовольствия, пищевого сырья и кормов, сельскохозяйственных животных и растений, окружающей природной среды (ГОСТ Р22.0.05-95).

Химическое заражение – распространение опасных химических веществ в окружающей природной среде в концентрациях или количествах, создающих угрозу для людей, сельскохозяйственных животных и растений в течение определенного времени (ГОСТ Р22.0.05-94).

Возможный выход облака зараженного воздуха за пределы территории химически опасного объекта обуславливает химическую опасность административно-территориальной единицы, где этот объект расположен. В результате аварии на ХОО возникает зона химического заражения.

Зона химического заражения – территория или акватория, в пределах которой распространены или куда привнесены опасные химические или биологические вещества в количествах, создающих опасность для людей, сельскохо-

зьяйственных животных и растений в течение определенного времени (ГОСТ Р22.0.05-94).

В зоне химического заражения могут быть выделены составляющие ее зоны – зона смертельных токсодоз (зона чрезвычайно опасного заражения), зона поражающих токсодоз (зона опасного заражения) и зона дискомфорта (пороговая зона, зона заражения).

На внешней границе зоны смертельных токсодоз 50% людей получают смертельную токсодозу. На внешней границе поражающих токсодоз 50% людей получают поражающую токсодозу. На внешней границе дискомфортной зоны люди испытывают дискомфорт, начинается обострение хронических заболеваний или появляются первые признаки интоксикации.

В очаге химического заражения происходят массовые поражения людей, сельскохозяйственных животных и растений.

При авариях на химически опасных объектах может действовать комплекс поражающих факторов: непосредственно на объекте аварии – токсическое воздействие АХОВ, ударная волна при наличии взрыва, тепловое воздействие и воздействие продуктов сгорания при пожаре; вне объекта аварии – в районах распространения зараженного воздуха только токсическое воздействие как результат химического заражения окружающей среды. Основным поражающим фактором является токсическое воздействие АХОВ.

Последствия аварий на ХОО представляют собой совокупность результатов воздействия химического заражения на объекты, население и окружающую среду. В результате аварии складывается аварийная химическая обстановка, возникает чрезвычайная ситуация техногенного характера.

Люди и животные получают поражения в результате попадания АХОВ в организм: через органы дыхания – ингаляционно; кожные покровы, слизистые оболочки и раны – резорбтивно; желудочно-кишечный тракт – перорально.

Степень и характер нарушения жизнедеятельности организма (поражения) зависят от особенностей токсического действия АХОВ, их физико-химических характеристик и агрегатного состояния, концентрации паров или

аэрозолей в воздухе, продолжительности их воздействия, путей их проникновения в организм.

Аварийно химически опасное вещество (АХОВ) – вещество, применяемое в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которого может произойти заражение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях – токсодозах (ГОСТ Р22.9.05-95).

В настоящее время на территории страны функционирует более 3 600 химически опасных объектов, 148 городов расположены в зонах повышенной химической опасности. Суммарная площадь, на которой может возникнуть очаг химического заражения, составляет 300 тыс. км² с населением около 54 млн. человек. В этих условиях знание поражающих свойств АХОВ, заблаговременное прогнозирование и оценка последствий возможных аварий с их выбросом, умение правильно действовать в таких условиях и ликвидировать последствия аварийных выбросов – необходимое условие обеспечения безопасности населения.

1.2. Классификация и характеристика АХОВ

Классификация аварийных химически опасных веществ зависит от особенностей токсического действия АХОВ, их физико-химических характеристик и агрегатного состояния, концентрации паров или аэрозолей в воздухе, продолжительности их воздействия, путей проникновения в организм. К наиболее распространенным отнесены 34 вещества: аммиак, окислы азота, диметиламин, сероводород, сероуглерод, сернистый ангидрид, соляная кислота, синильная кислота, фосген, фтор, хлор, хлорпикрин, окись этилена и другие. Часто к этому списку добавляют еще 17 наиболее распространенных АХОВ:

компоненты ракетного топлива – несимметричный диметилгидразин и жидкая четырех окись азота;

отравляющие вещества – люизит, зарин, зоман, V – газы;

и некоторые другие АХОВ – диоксин, метиловый спирт, фенол, бензол, концентрированные азотная и серная кислоты, ртуть металлическая и др.

Механизм токсического действия АХОВ заключается в следующем. Внутри человеческого организма, а также между ним и внешней средой происходит интенсивный обмен веществ. Наиболее важная роль в этом обмене принадлежит ферментам – химическим (биохимическим) веществам или соединениям, способным управлять химическими и биохимическими реакциями в организме.

Токсичность тех или иных АХОВ заключается в химическом взаимодействии между ними и ферментами, которое приводит к торможению или прекращению ряда жизненных функций организма. Полное подавление тех или иных ферментных систем вызывает общее поражение организма, а в некоторых случаях – его гибель.

Классификация АХОВ осуществляется:

по степени воздействия на организм;

по преимущественному синдрому, складывающемуся при острой интоксикации;

по основным физико-химическим свойствам и условиям хранения;

по тяжести воздействия на основании учета нескольких важнейших факторов;

по способности к горению.

По характеру воздействия на человека АХОВ подразделяются на три группы:

ингаляционного действия – воздействуют через органы дыхания;

перорального действия – воздействует через желудочно-кишечный тракт;

кожно-резорбтивного действия – воздействуют через кожные покровы.

По степени воздействия на организм человека АХОВ подразделяются на четыре класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные; 2 – высокоопасные; 3 – умеренно опасные; 4 – малоопасные.

Воздействие АХОВ на человека оценивается дозой. *Доза* – это количество токсического вещества, поглощенного организмом за определенное время или попавшего на кожный покров и находящегося на нем в течение некоторого времени.

Доза вещества, вызывающая определенный токсический эффект (определенную степень поражения организма человека), называется *токсодозой*.

При поражении человека через органы дыхания (ингаляционное поражение) токсодоза принимается равной произведению:

$$Ct,$$

где C – средняя концентрация ОВ или АХОВ в воздухе, (г/ м³, мг/л); t – время пребывания человека в зараженном воздухе (экспозиция) (мин., с).

Для характеристики токсичности веществ при их воздействии на организм человека через органы дыхания применяют следующие варианты токсодоз: *смертельная; выводящая из строя; пороговая*.

На практике чаще всего используются средняя (50%) пороговая, выводящая из строя и смертельная токсодозы:

LCt_{50} – средняя смертельная токсодоза, вызывающая с определенной степенью вероятности смертельный исход у 50% пораженных (L – от латинского слова *Letalis* – смертельный);

ICt_{50} – средняя выводящая из строя токсодоза, вызывающая выведение из работоспособного состояния 50% пораженных (I – от англ. слова *Incapacitating* – небоеспособный);

PCt_{50} – средняя пороговая токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения у 50% пораженных (P – от англ. слова *Primary* – начальный).

Все эти токсодозы измеряются в (г мин/м³), (мг с/л).

При пероральном и кожно-резорбтивном воздействии на организм человека используются:

LD_{50} – средняя смертельная токсодоза;

ID_{50} – средняя выводящая из строя токсодоза;

pD_{50} – средняя пороговая токсодоза.

Данные токсодозы измеряются в г/кг и мг/кг.

Большое практическое значение для характеристики токсичности веществ и обращения с ними имеет другая величина – *предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны*.

Под ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны понимают концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности (но не более 41 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений (ГОСТ 12.1.005-88*).

Классификацию АХОВ проводят по различным признакам.

Наиболее часто – *по признаку преимущественного воздействия на человека*. В соответствии с этим признаком АХОВ делятся на следующие шесть групп:

первая – вещества преимущественно удушающего действия (хлор, треххлористый фосфор, фосген);

вторая – вещества преимущественно общеядовитого действия (цианистый водород, хлорциан, синильная кислота, окись углерода);

третья – вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием (сероводород, окислы азота, сернистый ангидрид);

четвертая – нейротропные яды, т.е. вещества, поражающие центральную нервную систему (фосфорорганические соединения, сероуглерод);

пятая – вещества, обладающие удушающим и нейротропным действием (аммиак);

шестая – метаболические яды, поражающие центральную нервную систему и кроветворные органы (дихлорэтан, этиленоксид, метилхлорид).

Следует отметить, что данная классификация в определенной степени условна, так как большинство АХОВ действует на организм человека комплексно, кроме того, помимо основных воздействий, имеются побочные, часто очень существенные.

Значительная часть АХОВ является легковоспламеняющимися и взрывоопасными веществами, что нередко приводит к возникновению пожаров и взрывов в случае разрушения емкостей.

По способности к горению все АХОВ делятся на группы:

негорючие (фосген, диоксин и др.);

негорючие пожароопасные вещества (хлор, азотная кислота, фтористый водород, окись углерода, сернистый ангидрит, хлорпикрин и т.д.);

горючие вещества (акрилонитрил, амил, газообразный аммиак, гептил, дихлорэтан, сероуглерод и т.д.).

В связи с возможностью выброса (вылива) АХОВ на потенциально опасном объекте для предотвращения или уменьшения воздействия вредных факторов функционирования ОЭ на людей, животных и растения, а также на окружающую природную среду вокруг объекта устанавливается санитарно-защитная зона (СЗЗ).

В случае возникновения аварий на химически опасных объектах с выбросом АХОВ очаг химического поражения будет иметь следующие особенности:

образование облаков паров АХОВ и их распространение в окружающей среде;

в разгар аварии на объекте действует, как правило, несколько поражающих факторов: химическое заражение местности, воздуха, водоемов, высокая или низкая температура, ударная волна.

Наиболее опасный поражающий фактор – воздействие паров АХОВ через органы дыхания. Он действует как на месте аварии, так и на больших расстояниях от источника выброса и распространяется со скоростью ветрового переноса АХОВ.

На производственных площадках или в транспортных средствах АХОВ, как правило, содержатся в стандартных емкостных элементах. Это могут быть алюминиевые, стальные и железобетонные оболочки, в которых поддерживаются условия, соответствующие заданному режиму хранения. Способы хранения выбираются в зависимости от физико-химических свойств АХОВ. Основная цель – уменьшить объем хранимого вещества, что весьма важно при промышленных масштабах использования химически опасных веществ.

Основным параметром, влияющим на выбор способа хранения, является температура кипения АХОВ.

Для хранения АХОВ на складах предприятий используются следующие основные способы:

в резервуарах под высоким давлением (расчетное давление в резервуаре соответствует давлению паров продукта над жидкостью при абсолютной максимальной температуре окружающей среды – хлор, аммиак и др.);

в изотермических хранилищах при давлении, близком к атмосферному (низкотемпературное хранилище) или до 1 Па (изотермическое хранилище, при этом используются шаровые резервуары большой вместимости от 900 до 2000 т, – например, аммиак при $t = -33,4^{\circ}\text{C}$);

хранение при температуре окружающей среды в закрытых емкостях (характерно для высококипящих жидкостей – гидразин, тетраэтилсвинец).

Характер развития и масштаб последствий происшествия на ХОО зависят от вида, количества и условий хранения АХОВ, от особенностей объекта и окружающей территории.

К наиболее тяжелым последствиям приводят разрушения стационарных и транспортных емкостей с АХОВ.

Главная особенность при хранении АХОВ, имеющего температуру кипения ниже температуры окружающего воздуха и находящегося в герметической емкости под давлением, состоит в том, что вещество в емкости пребывает в перегретом относительно нормальных условий состоянии. В результате при разгерметизации емкости, т.е. при падении давления до нормального, АХОВ, находясь в перегретом состоянии, начинает интенсивно кипеть, происходит чрезвычайно быстрое испарение части жидкости. Этот процесс длится всего несколько минут. Образующееся при этом облако паров АХОВ и зараженного воздуха принято называть *первичным облаком*.

Если давление в емкости упало, а основные стенки целы (например, трещины или пулевое отверстие), то описанный процесс может сопровождаться взрывоподобным скачкообразным ростом давления за счет увеличенного объема образовавшегося при испарении газа, что приведет к дополнительным разрушениям.

После завершения этого процесса оставшееся жидкое АХОВ, находясь, как правило, при атмосферном давлении, испаряется со скоростью, определяемой скоростью подвода к нему тепла. Образующееся при этом *облако зараженного воздуха называют вторичным*.

Скорость испарения АХОВ, вылившегося из поврежденной емкости, зависит от влияния процессов, протекающих при взаимодействии АХОВ с подстилающей средой, а также в существенной степени – от природы последней и меняется во времени.

Первоначально происходит бурное испарение в результате передачи жидкости тепла от подстилающей среды. По мере охлаждения подстилающей среды ее верхний слой становится изолирующей прослойкой и приток тепла к жидкости от подстилающей поверхности уменьшается, а затем практически прекращается. Процесс испарения становится стационарным.

Наиболее опасной стадией аварии, безусловно, являются первые 10 минут, когда испарение АХОВ происходит интенсивно. При этом первые 2-3 минуты выброса сжиженного АХОВ, находящегося под давлением, образуется аэрозоль в виде тяжелых облаков, которые под действием собственной силы тяжести опускаются на грунт.

Границы облака на первом этапе отчетливы, оно имеет большую оптическую плотность и только через 2-3 минуты становится прозрачным. Температура в облаке ниже, чем в окружающей среде. Учитывая его большую плотность, основным фактором, определяющим движение облака в районе аварии, является сила тяжести. На этом этапе формирование и направление движения облака носят неопределенный характер. Радиус этой зоны может достигать 0,5-1 км.

В дальнейшем при стационарном процессе испарения вторичное облако зараженного воздуха переносится по направлению среднего ветра, образуя зону химического заражения.

Характеристика наиболее распространенных АХОВ.

Хлор – газ желто-зеленого цвета в 2,5 раза тяжелее воздуха. Хорошо растворяется в воде, спирте, при давлении 5-7 атм. – темно-зеленая жидкость.

Хлор – сырье для химической промышленности, в коммунальном хозяйстве используется для обеззараживания питьевой и сточной вод.

При выбросе в атмосферу хлор испаряется, образуя белый туман, стелющийся по направлению ветра.

Концентрация: ПДК_{сс. рз.} – 1,0 мг/м³; опасная для жизни – 100-200 мг/м³.

Поражение людей. При попадании в организм через верхние дыхательные пути вызывает раздражение, боль в носоглотке. Дыхание замедленное, кожа и слизистые становятся синими, нарастает одышка. Появляются сухой кашель, отек легких.

Первая помощь. На пораженного надеть противогаз, вывести из очага поражения, укрыть для тепла, глаза и рот промыть 2% раствором соды. Дать обильное питье (теплая вода, чай, кофе), кислород. При остановке дыхания делать искусственное дыхание.

Защита. Гражданские противогазы – при концентрации до 2500 мг/м³, на производстве – промышленные противогазы с коробками: А, БКФ, В, Е, Г.

Аммиак – бесцветный газ с характерным запахом нашатырного спирта, вещество, обладающее удушающим и нейротропным действием, легче воздуха. Аммиак перевозится в сжиженном состоянии под давлением, при выходе в атмосферу дымит, попадая в водоемы, заражает их. Его используют для получения азотной кислоты, соды, мочевины, синильной кислоты, удобрений и т.д., жидкий аммиак применяется в качестве рабочего вещества холодильных машин.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – среднесменная рабочей зоны составляет 20 мг/м³; 500 мг/м³ – опасен при вдыхании (возможен смертельный исход).

Поражение людей. Общетоксические эффекты в основном обусловлены действием аммиака на нервную систему. В случае малых концентраций отмечается незначительное раздражение глаз и верхних дыхательных путей. При средних концентрациях наблюдаются сильное раздражение в глазах и носу, сильное чихание, слюнотечение, небольшая тошнота и головная боль, покрас-

нение лица и потоотделение, мочеиспускание и боль в области грудины. При попадании в облако с высокими концентрациями наступают резкое раздражение слизистой оболочки рта, верхних дыхательных путей и роговой оболочки глаз, приступы кашля, чувство удушья, беспокойство, головокружение, боль в желудке, рвота. При действии очень высоких концентраций уже через несколько минут отмечаются мышечная слабость с повышенной рефлекторной возбудимостью, судороги, резко снижается слух. Пострадавшие иногда сильно возбуждены, находятся в состоянии буйного бреда, не способны стоять. Наблюдаются резкие расстройства дыхания и кровообращения. Смерть может наступить от сердечной слабости или остановки дыхания.

Первая помощь. Пострадавших вынести на свежий воздух, обеспечить им покой и тепло, дать увлажненный кислород. Кожу и слизистые промывать в течение 15 мин. водой или 2% раствором борной кислоты.

Защита. Промышленные противогазы марки КД, респираторы газовые РПГ-67-КД, РУ-60М-КД. При 750 ПДК использовать только изолирующие противогазы, защитный прорезиненный костюм, резиновые сапоги и перчатки.

Сернистый ангидрид – представляет собой бесцветный газ с характерным резким запахом, обладающий удушающим и общеядовитым действием. Перевозят его в сжиженном состоянии, под давлением.

При выходе в атмосферу он дымит, скапливается в низких участках местности, подвалах, тоннелях, заражает водоемы. Сернистый ангидрид используется в производстве серной кислоты, серного ангидрида, солей сернистой и серноватистой кислот. Непосредственное применение находит в бумажном и текстильном производстве, при консервировании фруктов, ягод, для предохранения вин от скисания, для дезинфекции помещений. Едкий сернистый ангидрид используется как хладагент и растворитель.

Предельно допустимые концентрации (ПДК): 0,05 мг/м³ – среднесуточная для атмосферного воздуха населенных пунктов; 10 мг/м³ – среднесменная в рабочем помещении промышленного предприятия.

Поражение людей. Общее действие заключается в нарушении углеводного и белкового обмена, угнетении окислительных процессов в головном мозге,

печени, селезенке, мышцах. Раздражает кроветворные органы. Признаки поражения: раздражение глаз и носоглотки. Чихание, кашель возникают при воздействии сернистого ангидрида в течение нескольких минут. При более длительном воздействии наблюдается рвота, речь и глотание затруднены. Смерть наступает от удушья вследствие рефлекторного спазма голосовой щели, внезапной остановки кровообращения в легких и шока.

Первая помощь. Вывести пострадавшего на свежий воздух. Кожу и слизистые промывать водой или 2% раствором соды не менее 15 мин., глаза – проточной водой также не менее 15 мин.

Защита. Промышленные противогазы марки В, Е, БКФ, респираторы противогазовые РПГ-67-В и универсальные РУ-60МУ-В, а также гражданские противогазы ГП-5, ГП-7 и детские. Если концентрация сернистого ангидрида выше максимально допустимой, то должны использоваться только изолирующие противогазы. В зоне аварии для предохранения кожи человека от попадания СДЯВ работы следует проводить в защитных прорезиненных костюмах, резиновых сапогах и перчатках.

Фосген – бесцветный очень ядовитый газ с характерным сладковатым запахом гнилых фруктов, гниения, прелой листвы или мокрого сена, вещество с преимущественно удушающим действием. В газообразном состоянии примерно в 3,5 раза тяжелее воздуха, а в жидком – в 1,4 раза тяжелее воды. Хранится в жидком виде в баллонах и других емкостях, давление внутри оболочек при обычных условиях не превышает 1,5-2 атм.

Из-за большой реакционной способности фосген широко используется при органических синтезах, для получения растворителей, красителей, лекарственных средств, поликарбонатов и других веществ.

Предельно допустимые концентрации (ПДК): 0,5 мг/м³ – среднесменная в воздухе рабочей зоны промышленного предприятия, 1,0 г/м³ в течение пяти минут и 5,0 г/м³ в течение 2-3 сек. – наступает смерть.

Поражение людей. При вдыхании паров фосгена ощущается запах прелого сена (яблок). Период скрытого действия продолжается 4-6 часов, но в зави-

симости от полученной дозы он может составлять от 1 часа до суток. Чем короче период скрытого действия, тем менее благоприятный прогноз. Физическая нагрузка может приводить к уменьшению периода скрытого действия. У пораженных возникают кашель, затрудненное дыхание, боли в груди при вдохе, сильные хрипы. Температура тела повышается. Уменьшается количество кислорода в крови, развивается кислородная недостаточность. При явлениях сильного кислородного голодания наступает гибель пораженных (80% в первые двое суток).

Первая помощь при отравлении фосгеном. Надеть на пораженного противогаз, вынести его из опасной зоны, обеспечить полный покой, тепло. Расстегнуть ворот, пояс и все застёжки, при возможности снять верхнюю одежду, которая может быть заражена парами фосгена. Дать горячее питье, кислород. Искусственное дыхание делать нельзя! Пораженного следует быстро и в удобном положении доставить в больницу.

Защита. Промышленные фильтрующие противогазы марки «В» и гражданские противогазы ГП-5, ГП-7, детские и изолирующие. Для защиты кожи используются защитные прорезиненные костюмы, резиновые сапоги и перчатки.

Синильная кислота (цианистый водород, цианисто-водородная кислота) – это бесцветная прозрачная жидкость. Она обладает своеобразным дурманящим запахом, напоминающим запах горького миндаля. Очень летуча, максимальная концентрация достигает 837-1100 г/м³. В газообразном состоянии обычно бесцветна. Используется для получения хлорциана, акрилонитрила, аминокислот, акрилатов, необходимых при производстве пластмасс, как средство борьбы с вредителями сельского хозяйства.

Предельно допустимые концентрации (ПДК): 0,01 мг/м³ – среднесуточная ПДК в воздухе населенных мест, 100 мг/м³ более 15 мин. – наступает смерть.

Поражение людей. Молниеносная форма развивается быстро после воздействия высоких концентраций. Пораженный падает, теряет сознание и спустя

несколько минут погибает. При замедленной форме симптомы интоксикации развиваются медленней. Различают легкую, среднюю и тяжелую форму поражений.

В случае легкой степени пострадавший ощущает запах миндаля, металлический привкус во рту, затем возникают головокружение, головная боль и нарушение координации движений (пьяная походка). При средней степени поражения дополнительно наблюдается сильная слабость. Пострадавший падает, сознание угнетено, дыхание затруднено, зрачки расширены. В случае тяжелой формы поражения возникают судороги, потеря сознания, дыхание поверхностное, развивается паралич. Могут быть непроизвольное мочеиспускание и дефекация. В дальнейшем происходит остановка дыхания и сердца. Характерным симптомом отравления является ярко розовая окраска кожи, слизистых оболочек губ и глаз, сохраняющаяся у погибшего.

Первая помощь пораженному должна оказываться немедленно. На него надо надеть противогаз, дать антидот в отравленной атмосфере (раздавить тонкий конец ампулы амилнитрата и в момент вдоха вложить под лицевую часть противогаза) и эвакуировать из зараженной зоны. Если состояние пострадавшего остается тяжелым, то через 5 мин. повторно дать антидот амилнитрата. При резком ухудшении дыхания применять искусственное дыхание. При желудочных отравлениях кислотой и ее солями следует, по возможности, скорее вызвать рвоту и принять внутрь 1%-ный раствор гипосульфита натрия.

Защита. Защиту органов дыхания от синильной кислоты обеспечивают фильтрующие и изолирующие противогазы промышленные противогазы марки В и БКФ (защитный), а также гражданские противогазы ГП-5, ГП-7 и детские. Защита кожи – защитные прорезиненные костюмы, сапоги и перчатки.

Сероводород – бесцветный газ с резким неприятным запахом. Плотность газообразного сероводорода при нормальных условиях равна примерно 1,7, т.е. он тяжелее воздуха. Смеси H_2S с воздухом, содержащие от 4 до 45 объемных процентов этого газа, взрывоопасны, сероводород воспламеняется при температуре около $300^{\circ}C$. Плохо растворяется в воде, значительно лучше в органиче-

ских веществах (соединениях). Например, один объем этилового спирта поглощает 10 объемов газа. Сероводород – сильный восстановитель. Он содержится в попутных газах месторождений нефти, природных и вулканических газах, в воде минеральных источников. Применяют в производстве серы, серной кислоты, сульфидов, сероорганических соединений, для приготовления лечебных сероводородных ванн.

Среднесменная предельно допустимая концентрация (ПДК_{сс. рз.}) сероводорода в воздухе рабочей зоны составляет 10,0 мг/м³.

Хранится и перевозится сероводород под давлением в сжиженном состоянии в железнодорожных цистернах, а также в контейнерах и баллонах.

При попадании в окружающую среду он превращается в газ и обычно скапливается в низинах, подвалах, первых этажах зданий, может загрязнять водоемы.

Поражение людей. H₂S – сильный нервный яд, вызывающий смерть от остановки дыхания. Является ингибитором тканевого дыхания в клетках. Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. При воздействии малых концентраций наблюдаются раздражение слизистой оболочки глаз, носа и глотки, боли и резь в глазах, слезотечение, светобоязнь, боли за грудиной и кашель. Средние концентрации приводят к головной боли, головокружению, появляются неустойчивая походка, тошнота, рвота, боли в животе, понос, обморочное состояние или возбуждение с помрачением сознания. Высокие концентрации вызывают отравления по типу судорожной комы: быстрая и глубокая потеря сознания, судороги, расстройство сердечной деятельности и дыхания, отек легких. Отравление этим АХОВ может привести к смертельному исходу или возбуждению с последующим сном. Очень высокие концентрации влекут за собой почти мгновенную смерть от паралича дыхания.

Первая помощь. При H₂S пострадавшего следует немедленно вынести на свежий воздух, обеспечить ему тепло и покой, напоить теплым молоком с содой. Затем поместить в затемненное помещение, наложить на глаза примочки с 3% раствором борной кислоты. При тяжелом отравлении, а также при затруд-

ненном дыхании дать пострадавшему кислород, если необходимо – сделать искусственное дыхание.

Защита. Защиту органов дыхания и глаз от H_2S обеспечивают фильтрующие промышленные противогазы марок «В», «КД», «КБФ», гражданские и детские противогазы с фильтрующе-поглощающими коробками ГП-7К и ГП-5, а также в комплексе с дополнительным патроном ДПГ-3. Для защиты органов дыхания при малых концентрациях могут использоваться респираторы марок «В» и «КД».

Фильтрующие противогазы используются для выхода из зоны химического заражения и при работах по ликвидации аварий на химически опасных объектах на удалении от источника заражения 400-500 м и более.

Изолирующие противогазы и аппараты (ИП-4М, ИП-5, КИП-8, АСВ-2) являются основными средствами защиты органов дыхания при аварийных выбросах H_2S , когда неизвестны концентрации, а время защитного действия фильтрующих противогазов недостаточно для выполнения работ. Чтобы предохранить кожу человека, используют защитные прорезиненные костюмы, резиновые перчатки и сапоги.

Оксид углерода (СО) – бесцветный газ без запаха. Почти не поглощается активированным углем, горит синим пламенем, с образованием CO_2 и выделением тепла. При низких температурах достаточно инертен, при высоких и в присутствии катализаторов легко вступает в различные реакции, например, с хлором – образование фосгена, с металлами – карбонилы металлов. С водой, кислотами и щелочами не реагирует.

СО – постоянный компонент атмосферы Земли, его естественный уровень 0,01-0,9 мг/м³. В воздух попадает в результате неполного сгорания органических веществ, а также выделения микроорганизмами, растениями, животными и человеком. Находится в составе вулканических газов (до 5,6%) и болотных (до 13%). Образуется в результате всех видов горения (пожаров) в условиях недостатка кислорода, отсюда и название «угарный газ».

Применяется как одно из исходных соединений, лежащих в основе современного органического синтеза. Используют для восстановления металлов

из их оксидов, для получения карбониллов, ароматических альдегидов, муравьиной кислоты, метилового спирта и др. соединений. Из смеси оксида углерода и водорода можно получить синтетический бензин.

Предельно допустимые концентрации (ПДК): среднесменная в воздухе рабочей зоне составляет 20,0 мг/м³.

Поражение людей. СО оказывает непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и потребление кислорода. Соединяется с железосодержащими биохимическими системами тканей – с гемоглобином и миоглобином. Отравление происходит при его повышенном содержании в воздухе. Легкая степень протекает без потери сознания или с кратковременным обмороком, может сопровождаться сонливостью, тошнотой, иногда рвотой. Отравление средней тяжести характеризуется потерей сознания. После выхода из этого состояния остается общая слабость, могут быть провалы памяти, двигательные расстройства, судороги. При тяжелом отравлении потеря сознания длится более 2 ч., развиваются судороги, происходят непроизвольные мочеиспускание и дефекация.

В типичных случаях отравленный теряет сознание, может находиться в коме 1-2 дня. Одышка может длиться часами или даже сутками и заканчивается смертью от остановки дыхания. Сутками может длиться и потеря сознания.

Первая помощь. При отравлении газом пострадавшего следует быстро вынести в лежачем положении на свежий воздух. Если этого сделать нельзя, необходимо прекратить дальнейшее поступление СО в организм (надеть противогаз или портативный медицинский кислородный респиратор). Освободить от одежды, стесняющей дыхание. Пострадавшему нужно обеспечить покой, согреть. Опасно охлаждение организма. Желательно более раннее и длительное вдыхание кислорода. Отравления тяжелой и средней степени лечат в стационаре.

Защита. При выполнении работ, сопровождающихся СО в концентрациях, превышающих ПДК, следует использовать промышленные фильтрующие противогазы марки «СО» (время защитного действия при концентрации 6,2 г/м³

– 150 мин) и марки «М» (90 мин. при тех же условиях). Патрон защитный универсальный ПЗУ в комплекте с лицевой частью противогаза (время защитного действия при концентрации 6 г/м^3 при положительной температуре – 300 мин., при отрицательной – 120 мин.). При концентрации СО более 0,5% и кислорода менее 18% следует применять кислородные изолирующие противогазы КИП-8, портативный дыхательный аппарат ПДА, изолирующие противогазы ИП-4М, ИП-5. Для выхода из зоны пожара можно использовать газодымозащитный комплект.

Ртуть – жидкий серебристо-белый металл, тяжелее всех известных жидкостей. Плотность – $13,52 \text{ г/см}^3$, плавится при температуре – 39° , кипит при $+375^\circ\text{C}$, поэтому применяется в термометрах. Пары ртути при электрических разрядах излучают голубовато-зеленый цвет. На этой основе созданы ртутные светильники и лампы дневного света. Используется в качестве катализатора при производстве хлора, едкого натра. Ртуть также находит широкое применение в измерительных приборах: термометрах, барометрах, манометрах, психрометрах, дифманометрах. Ее используют при получении амальгам, средств, предотвращающих гниение дерева, в медицинской и лабораторной практике.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) – максимально разовая для воздуха рабочей зоны – $0,01 \text{ мг/м}^3$, среднесменная для воздуха рабочей зоны – $0,005 \text{ мг/м}^3$.

Поражение людей. Первые признаки отравления появляются через 8-24 ч. и выражаются в общей слабости, головных болях, болях при глотании, повышении температуры. Несколько позже наблюдаются болезненность десен, боли в животе, желудочные расстройства, иногда воспаление легких. Известны даже смертельные исходы. Хронические интоксикации длительное время протекают без явных признаков заболевания. Затем появляются повышенная утомляемость, слабость, сонливость, апатия, эмоциональная неустойчивость, головные боли, головокружение. Одновременно развивается дрожание рук, языка, век, а в тяжелых случаях – ног и всего тела.

Первая помощь. При острых отравлениях через рот немедленно промыть желудок водой с 20-30 г активированного угля или белковой водой (взбитой с

водой яичный белок), после чего дать молоко. Можно рекомендовать слизистые отвары риса или овсянки, и все это завершать приемом слабительного. В случае сильного ингаляционного отравления после выхода из зоны поражения пострадавшему необходим полный покой, затем госпитализация. Если отравление было в легкой или в начальной формы интоксикации, немедленно исключить контакт с ртутью или ее парами и направить на лечение в клинических условиях.

Защита. Промышленный противогаз марки «Г» или соответствующий респиратор. Защитное действие противогаза с коробкой без аэрозольного действия – 100 ч., с аэрозольным фильтром – 80 ч. Респиратор противогазовый РПГ-67-Г защищает в течение 20 ч., а У-2ГП – 5 ч.

1.3. Действия персонала ХОО и населения при авариях с АХОВ

Оповещение персонала ХОО и населения в пределах 1,5-2 км зоны осуществляется диспетчерской службой ХОО, остального населения – органами управления ГО и ЧС различных уровней.

Оповещение передается на все предприятия и в населенные пункты, находящиеся в пределах площади, ограниченной радиусом, равным максимально возможной глубине распространения АХОВ при данных метеорологических условиях. После поступления сигнала о химически опасной аварии приводятся в готовность к использованию средства индивидуальной и коллективной защиты, а в ряде случаев могут проводиться и подготовительные мероприятия к экстренной эвакуации персонала и населения. По сигналу оповещения во всех помещениях вентиляционные системы без фильтров выключаются или переводятся на режим внутренней циркуляции, а с фильтрами – включаются в режим фильтровентиляции.

В системе оповещения используются электросирены и аппаратура дистанционного управления и циркуляционного вызова. Кроме того, для оповещения могут использоваться теле- и радиовещание, аппаратура производственной громкоговорящей связи и телефонная связь.

Учитывая возможность поступления большого количества запросов от различных организаций и населения при возникновении химически опасных

аварий и оповещении о них, на ХОО целесообразно организовать информационную (справочную) службу, которая по мере развития аварии и в ходе ликвидации ее последствий должна осуществлять информацию, особенно по правилам поведения людей в условиях загрязнения АХОВ.

Отличительной особенностью возникающих при авариях на химически опасных объектах чрезвычайных ситуаций является то, что при высоких концентрациях АХОВ поражение людей может происходить в короткие сроки. Аварии на химически опасных объектах могут сопровождаться разрушениями, пожарами и взрывами, это увеличивает радиус района аварии в 1,5-2 раза, возникает возможность выбросов в этих условиях большого количества АХОВ за счет взрыва.

В результате аварии на ХОО обслуживающий персонал и население, проживающее вблизи объекта, могут получить тяжелые поражения ядовитыми веществами. АХОВ оказывают поражающее действие на людей при попадании их паров в атмосферу, при разливе этих веществ на местности и различных поверхностях, с которыми соприкасаются люди.

Основными мерами защиты персонала ХОО и населения при авариях (разрушениях) являются:

использование индивидуальных средств защиты и убежищ (в режиме фильтровентиляции или изоляции);

применение антидотов и средств обработки кожных покровов;

соблюдение режимов поведения (защиты) на зараженной территории;

эвакуация людей из зоны заражения, возникшей при аварии;

санитарная обработка людей, дегазация одежды, территории, транспорта, техники и имущества.

Персонал и население, проживающее вблизи ХОО, должны знать свойства, отличительные признаки и потенциальную опасность АХОВ, используемых на данном объекте, способы индивидуальной защиты от поражения АХОВ, уметь действовать при возникновении аварии, оказывать первую медицинскую помощь пораженным.

Рабочие и служащие, услышав сигнал оповещения о химической опасности, должны немедленно надеть средства индивидуальной защиты (противогазы или изолирующие противогазы). Каждый на своем рабочем месте должен обеспечить правильное отключение энергоисточников, остановить агрегаты, аппараты, перекрыть газовые, паровые и водяные коммуникации.

Затем персонал укрывается в подготовленных убежищах или выходит из зоны поражения. При объявлении решения об эвакуации рабочие и служащие обязаны немедленно прибыть на сборные эвакуационные пункты объекта.

Работники, входящие в невоенизированные формирования ГО, по сигналу об аварии прибывают на пункт сбора формирований и участвуют в локализации и ликвидации очагов химического поражения.

Население, проживающее вблизи ХОО, при авариях с выбросом АХОВ, услышав сигнал оповещения по радио (телевидению), должно надеть противогазы, закрыть окна и форточки, отключить электронагревательные и бытовые приборы, газ, одеть детей, взять необходимое из теплой одежды и питание (3-дневный запас непортящихся продуктов), предупредить соседей, быстро выйти из жилого массива в указанном направлении или в сторону, перпендикулярную направлению ветра, желательно на возвышенный, хорошо проветриваемый участок местности, на расстояние не менее 1,5 км от предыдущего места пребывания, где находиться до получения дальнейших указаний.

В случае отсутствия противогаза необходимо совершить стремительный выход из зоны заражения, задержав дыхание на несколько секунд. Для защиты органов дыхания можно использовать подручные изделия из тканей, смоченных в воде, меховые и ватные части одежды. При закрывании ими органов дыхания снижается количество вдыхаемого газа, а следовательно, и тяжесть поражения.

При движении на зараженной местности необходимо строго соблюдать следующие правила:

двигаться быстро, но не бежать и стараться не поднимать пыли;

не прислоняться к зданиям и не касаться окружающих предметов;
не наступать на встречающиеся в пути капли жидкости или порошкообразные россыпи неизвестных веществ;
не снимать средства индивидуальной защиты до распоряжения;
при обнаружении капель АХОВ на коже, одежде, обуви, СИЗ снять их тампоном из бумаги, ветоши или носовым платком;
оказывать необходимую помощь пострадавшим, престарелым, неспособным двигаться самостоятельно.

После выхода из зоны заражения нужно пройти санитарную обработку. Получившие незначительные поражения (кашель, тошнота и т.д.) обращаются в медицинские учреждения.

Эвакуация населения, учитывая быстротечность развития аварии, будет иметь серьезные трудности, особенно связанные с возможностью возникновения паники среди населения, а потому является крайней мерой защиты и проводится в исключительных случаях. Наиболее эффективно экстренная эвакуация населения может быть проведена до подхода первичного облака АХОВ.

Для ограничения доступа населения в район аварии организуются контрольно-пропускные пункты, оцепление загрязненной территории, выставление постов и установление шлагбаумов на дорогах, ведущих в зону загрязнения, патрулирование улиц городов и населенных пунктов, регулирование движения на маршрутах эвакуации населения, установление предупредительных знаков (щитов) на границах зон загрязнения.

1.4. Прогнозирование масштабов заражения при авариях на ХОО

Под авариями на химически опасном объекте понимают нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств, приводящее к выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, которые могут вызвать массовое поражение людей и животных.

Одним из мероприятий комплекса мер по защите населения и персонала при авариях на химически опасных объектах является заблаговременное прогнозирование зон возможного химического заражения АХОВ, т.е. определение глубины и площади зон заражения, а также возможных потерь.

В настоящее время существуют две основные методики оценки химической обстановки при авариях и разрушениях химически опасных объектов. Методика «ТОКСИ-2.2», разработана НТЦ «Промышленная безопасность» в виде компьютерной программы и РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте», совместная разработка Госкомгидромета и Штаба ГО.

Методика «ТОКСИ-2.2» позволяет определить:

количество поступивших в атмосферу ОХВ при различных сценариях аварии;

пространственно-временное поле концентраций ОХВ в атмосфере;

размеры зон химического поражения, соответствующие различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе.

Методика «ТОКСИ-2.2» рекомендуется для использования:

при разработке декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов;

при разработке мероприятий по защите персонала и населения;

при разработке планов локализации и ликвидации последствий аварий, сопровождаемых выбросом ОХВ.

Методика, изложенная в РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте», позволяет осуществлять прогнозирование масштабов зон разрушения:

при аварии на технологических емкостях и хранилищах;

при транспортировке по трубопроводам и различным видам транспорта;

при разрушении ХОО.

Методика предназначена для случаев выброса АХОВ в атмосферу в газообразном, парообразном и аэрозольном состояниях. Внешние границы зоны заражения рассчитываются по пороговой токсодозе для данного АХОВ при ингаляционном воздействии на организм человека.

Масштабы заражения рассчитываются:

для сжиженных газов – отдельно для первичного и вторичного облаков;

для жидкостей, кипящих выше температуры окружающей среды, только для вторичного облака.

В данном учебном пособии индивидуальные задания для студентов ориентированы на использование методики, изложенной в РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».

Методика расчета.

Методика предназначена для заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов заражения на случай выбросов АХОВ в окружающую среду при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах.

Основные допущения и ограничения.

Емкости, содержащие АХОВ, разрушаются полностью.

Толщина слоя жидкости АХОВ (h), разлившихся свободно, принимается равной 0,05 м, а для АХОВ, разлившихся в поддон или обвалование, высчитывается по формулам (1.1) или (1.2).

При разливах из емкостей, имеющих самостоятельный поддон (обвалование):

$$h = H - 0,2, \quad (1.1)$$

где h – толщина слоя жидкости АХОВ в обваловании, м; H – высота обвалования, м.

Для емкостей, имеющих общий поддон (обвалование), расположенных группой:

$$h = \frac{Q_0}{F \cdot d}, \quad (1.2)$$

где d – плотность АХОВ, т/м³; F – реальная площадь разлива в поддон, м²; Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т.

Предельная продолжительность сохранения метеоусловий – $N=4$ ч, по истечении указанного времени прогноз обстановки уточняется.

Расчеты ведутся по эквивалентным количествам АХОВ.

Порядок проведения расчетов.

Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедшее в первичное облако, по формуле:

$$Q_{\text{Э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K'_7 \cdot Q_0, \quad (1.3)$$

где: $Q_{\text{Э1}}$ – эквивалентное количество АХОВ в первичном облаке, т; Q_0 – количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ, т; K_1 – коэффициент, зависящий от условий хранения АХОВ (приложение 1, табл. 2); K_3 – коэффициент, равный отношению пороговой токсодозы хлора к пороговой токсодозе АХОВ (приложение 1, табл. 2); K_5 – коэффициент, учитывающий степень вертикальной устойчивости воздуха и равный: 1 – для инверсии, 0,23 – для изотермии и 0,08 – для конвекции; K'_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха на скорость образования первичного облака (приложение 1, табл. 2).

Вычисляем эквивалентное количество АХОВ, перешедших во вторичное облако, по формуле:

$$Q_{\text{Э2}} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K''_7 \cdot \frac{Q_0}{h \cdot d}, \quad (1.4)$$

где: $Q_{\text{Э2}}$ – количество АХОВ во вторичном облаке, т; K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ (приложение 1, табл. 2); K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра (приложение 1, табл. 3); K_6 – коэффициент, зависящий от времени, прошедшего с начала аварии (N), и определяемый из условия (1.5); K''_7 – коэффициент, учитывающий влияние температу-

ры окружающего воздуха на скорость образования вторичного облака (приложение 1, табл. 2).

$$K_6 = \begin{cases} N^{0,8}, N < T; \\ T^{0,8}, N \geq T \end{cases}, \quad (1.5)$$

где T – время испарения АХОВ с площади разлива, час, определяется из уравнения (1.12).

В случае полного разрушения химически опасного объекта расчет эквивалентного количества АХОВ в облаке ведется как для вторичного облака, по формуле:

$$Q_3 = 20 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \sum_{i=1}^n K_{2i} \cdot K_{3i} \cdot K_{6i} \cdot K_{7i}'' \cdot \frac{Q_i}{d_i}, \quad (1.6)$$

где d_i – плотность i -го АХОВ, т/м³ (приложение 1, табл. 2); Q_i – запасы i -го АХОВ на объекте, т; K_{ji} – j коэффициенты для i -го АХОВ; n – количество одновременно выброшенных в окружающую среду наименований АХОВ.

По табл. 1 приложения 1 определяем глубину распространения первичного (Γ_1) и вторичного (Γ_2) облаков АХОВ. Общую глубину распространения зараженного воздуха вычисляем по формуле:

$$\Gamma = \Gamma' + 0,5\Gamma'', \quad (1.7)$$

где Γ – общая глубина распространения облака зараженного АХОВ воздуха, км; Γ' – большее из двух значений Γ_1 и Γ_2 , км; Γ'' – меньшее из двух значений Γ_1 и Γ_2 , км.

Общую глубину зараженного воздуха сравниваем с возможным предельным значением глубины переноса воздушных масс (Γ_n), определяемой из уравнения:

$$\Gamma_n = N \cdot V, \quad (1.8)$$

где V – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха (приложение 1, табл. 5), км/ч; N – время от начала аварии, ч.

За окончательную расчетную глубину зоны заражения принимается меньшее из двух сравниваемых между собой значений по следующей формуле:

$$\Gamma_p = \min \left\{ \begin{array}{l} \Gamma \\ \Gamma_{II} \end{array} \right\}, \quad (1.9)$$

где Γ_p – расчетная глубина зоны возможного заражения АХОВ, км.

Вычисляем площадь зоны возможного заражения АХОВ (S_B) по формуле:

$$S_B = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \text{ км}^2, \quad (1.10)$$

где φ – угловые размеры зоны возможного заражения АХОВ, град. Определяется по приложению 1, табл. 4.

Определяем площадь зоны фактического заражения АХОВ (S_ϕ) по формуле:

$$S_\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \text{ км}^2, \quad (1.11)$$

где K_8 – коэффициент, который зависит от степени вертикальной устойчивости воздуха и принимается равным: 0,081 – для инверсии; 0,133 – для изотермии и 0,235 – для конвекции.

Определяем продолжительность поражающего действия АХОВ (время испарения АХОВ с площади разлива) по формуле:

$$T_{исп.} = \frac{h \cdot d}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7}, \text{ ч}, \quad (1.12)$$

где h – толщина слоя разлившегося АХОВ, м; d – плотность АХОВ, т/м³, определяется по приложению 1 табл. 2; K_2 – коэффициент, зависящий от физико-химических свойств АХОВ, определяется по прил. 1 табл. 2; K_4 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, определяется по прил. 1 табл. 3; K_7 – коэффициент, учитывающий влияние температуры воздуха, определяется прил. 1 по табл. 2 (значение берется в знаменателе).

Вычисляем время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту:

$$t = \frac{L}{V}, \text{ ч}, \quad (1.13)$$

где t – время подхода облака зараженного воздуха к заданному объекту, ч; L – расстояние от источника заражения до заданного объекта, км; V – скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, км/ч.

Направление ветра

$V_{10} > 2$ м/с

Хлор – 30т

15.00 3.10

L, км

Рис. 1.1. Схема площади зоны возможного химического заражения

А – зона смертельных токсодоз, на внешней границе которой 50% людей получают смертельную токсодозу; В – зона поражения токсодоз, на внешней границе которой 50% людей получают поражающую токсодозу; С – дискомфортная зона (зона заражения, пороговая зона), на внешней границе которой люди испытывают дискомфорт (первые признаки интоксикации).

При аварии (разрушении) объектов с АХОВ условные обозначения наносятся на карту (план, схему) в следующей последовательности (рис. 1.1):

точкой синего цвета отмечается место аварии и проводится ось в направлении распространения облака зараженного воздуха;

на оси следа откладывают величину глубины зоны возможного заражения АХОВ;

синим цветом наносится зона возможного заражения АХОВ в виде окружности, полуокружности или сектора, в зависимости от скорости ветра в приземном слое воздуха;

зона возможного химического заражения штрихуется желтым цветом;

возле места аварии синим цветом делается поясняющая надпись. В числителе – тип и количество выброшенного АХОВ (т), в знаменателе – время и дата аварии.

Зоны возможного заражения АХОВ на схемах имеют различную графическую конфигурацию, которая зависит от скорости ветра. Графическое изображение зон ВХП представлено ниже на рис. 1.2-1.4.

1. Скорость ветра $V < 0,5$ м/с

Рис. 1.2. Схема зоны ВХП при скорости ветра менее 0,5 м/с.

2. Скорость ветра $V = (0,5 \div 1)$ м/с

Рис. 1.3. Схема зоны ВХП при скорости ветра от 0,5- 1,0 м/с.

3. Скорость ветра $V > 1$ м/с

Рис. 1.4. Схема зоны ВХП при скорости ветра более 1,0 м/с.

Говоря о зависимости зон заражения АХОВ от характера АХОВ, метеорологических условий и местности, надо отметить следующее:

при распространении АХОВ наибольшие концентрации будут наблюдаться при прохождении первичного облака. Они обусловят и наибольшее количество пораженных. Поэтому наибольшую опасность будут представлять сжиженные и сжатые газы, которые в основном и формируют первичное облако АХОВ;

масштабы при химически опасных авариях очень сильно зависят от метеорологической обстановки и условий хранения АХОВ. Из всех степеней вертикальной устойчивости атмосферы инверсия наиболее благоприятна для устранения облака АХОВ. Глубина распространения облака АХОВ при изотермии будет в 5 раз меньше, чем при инверсии, а при конвекции в 5 раз меньше, чем при изотермии. Средняя скорость ветра (приземного $h=2$ м) $V = 1$ м/с наиболее благоприятна для увеличения глубины заражения (при этом учитывается скорость переноса АХОВ воздушным потоком до высоты $h = 20$ м от поверхности земли). Большая скорость ветра быстро рассеивает поражающие концентрации АХОВ, а меньшая скорость уменьшает глубину заражения;

глубина распространения облака АХОВ на закрытой местности (в населенных пунктах со сплошной застройкой, в лесных массивах) будет примерно в

3,5 раза меньше, чем на открытой, при соответствующей степени вертикальной устойчивости воздуха и скорости ветра;

температура воздуха влияет на глубину распространения облака АХОВ, т.к. при более высокой температуре большая часть АХОВ переходит в атмосферу;

температура влияет на испаряемость АХОВ с подстилающей поверхности и увеличивает (или уменьшает) количество АХОВ во вторичном облаке.

Характеристика погодных условий с указанием времени и даты данных о метеоусловиях наносится в верхнем правом или левом углу карты (схемы) в виде квадрата (как исключение – внизу карты-схемы, рис. 1.5).

При обозначении прогноза прямоугольник наносится пунктиром.

Ориентировочное определение возможных потерь населения в очаге химического поражения проводится по приведенным ниже расчетам.

Рис. 1.5. Схема характеристики погодных условий:

45° – направление ветра в градусах; 10 – скорость ветра, м/с; б – облачность в баллах; тв – Π_1 температура воздуха, °С; тн – температура почвы, °С.

Вычисление возможных потерь людей в очаге поражения АХОВ определяется по формуле:

$$\Pi = S_{\phi} \left[\frac{\Gamma_{\Gamma}}{\Gamma_{\text{расч.}}} \cdot \rho \cdot K + \left(1 - \frac{\Gamma_{\Gamma}}{\Gamma_{\text{расч.}}} \right) \cdot \rho' \cdot K' \right], \quad (1.14)$$

где Π – общие потери людей в очаге поражения АХОВ, чел.; S_{ϕ} – площадь зоны фактического заражения АХОВ, км²; Γ_{Γ} – глубина зоны распространения облака зараженного АХОВ в городе, км; $\Gamma_{\text{расч.}}$ – расчетная глубина зоны заражения АХОВ, км; ρ, ρ^1 – средняя плотность людей соответственно в городе и загородной зоне, чел/км²; K, K^1 – доля незащищенного населения соответственно в городе и загородной зоне вычисляется по формулам:

$$K = (1 - \Pi_1)(1 - \Pi_2) \quad (1.15)$$

$$K' = (1 - \Pi'_1)(1 - \Pi'_2), \quad (1.16)$$

где p_1, p'_1 – доля населения, обеспеченного СИЗОД, соответственно в городе и загородной зоне; p_2, p'_2 – доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты соответственно в городе и загородной зоне.

Для оперативных расчетов структура потерь в очаге поражения АХОВ составит:

25% – санитарные потери легкой формы тяжести (I степень);

40% – санитарные потери средней и тяжелой формы тяжести (обязательна госпитализация) (II и III степени);

35% – безвозвратные потери (смертельный исход) (IV степень).

1.5. Задание и исходные данные к практической работе

Цель работы

1. Ознакомление с методикой заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов химического загрязнения при авариях на ХОО с выбросом АХОВ.

2. Приобретение практического навыка работы с методиками, изложенными в официальных нормативных правовых актах в области обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях.

3. Нарботка практических навыков самостоятельного ведения анализа полученных результатов и умения излагать решения, выводы и предложения по конкретно поставленной задаче.

4. Получение практики по определению вероятного числа пострадавших в результате аварии в городе и в загородной зоне.

5. Нарботка умений выбирать эффективные способы и средства по защите населения в случае аварии.

6. Получение навыков в графическом оформлении на схемах (картах) прогнозируемой и фактической химической обстановки.

Задание

1. Провести заблаговременный оперативный прогноз возможной химической обстановки, сложившейся при аварии на ХОО.

2. Дать характеристику АХОВ.

3. Представить схему зоны возможного химического заражения с нанесением всех условных обозначений.

4. Обеспечить население соответствующими средствами индивидуальной защиты органов дыхания максимальной эффективности.

5. Определить необходимость проведения эвакуации населения из зоны химического заражения.

6. Установить критерий, определяющий минимальное время пребывания населения в зоне химического заражения.

7. Определить возможное количество пострадавших среди персонала и населения.

8. Работу оформить письменно на формате листа А4 с соответствующими выводами и предложениями в зависимости от полученных результатов прогноза.

Условные обозначения, принятые в данной работе:

тип АХОВ – в зависимости от номера варианта (хлор, аммиак и т.д.);

количество выброшенного (разлившегося) при аварии АХОВ – $Q_{\text{в}}$, т;

условия хранения АХОВ – жидкость под давлением;

характер разлива – свободный (СВ), в обваловку (Н, м – высота обвалования);

метеоусловия – температура воздуха ($T_{\text{в}}$, °С), скорость приземного ветра (V_{10} , м/с);

время суток – ночь (Н), утро (У), день (Д), вечер (В);

характеристика небосвода – ясно (Я), сплошная облачность (СО);

время от начала аварии – N , ч.;

расстояние от населенного пункта до ХОО – L , км;

средняя плотность населения: в городе, P , чел/км²;

в загородной зоне, ρ^1 , чел/км²;

обеспеченность населения противогАЗами: в городе n_1 , %;

в загородной зоне n_1' , %;

обеспеченность населения убежищами: в городе n_2 , %;

в загородной зоне n_2' , %.

Необходимые справочные данные и вспомогательные материалы к данной работе приведены в приложении в табл. 1-12.

Индивидуальные задания к работе:

Таблица 1.2

Исходные данные индивидуальных заданий (вариант задания 1.1)

№ варианта	Тип АХОВ	Q_0 , т	Н, м	Метеоусловия			Время суток	Характеристика небосвода	N, ч	L, км
				$T_{\text{э}}$, °С	V_{10} , м/с	направление ветра, °				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Хлор	60	1.0	0	2	30	Н	СО	1	0,5
2	Хлор	60	СВ	20	4	60	Д	Я	2	0,5
3	Хлор	90	1.5	-10	2	45	У	СО	3	2
4	Хлор	90	СВ	20	6	120	В	Я	3	3
5	Хлор	120	2.0	10	6	240	Н	Я	1	2
6	Хлор	120	СВ	-10	2	180	Д	СО	2	2
7	Сероводород	60	1.0	-20	4	80	Д	СО	3	4
8	Сероводород	60	СВ	30	2	320	В	Я	3	3
9	Сероводород	90	1.5	30	4	30	Н	СО	1	2
10	Сероводород	90	СВ	0	4	45	У	Я	1	4
11	Сероводород	120	2.0	5	8	160	Д	СО	3	2
12	Сероводород	120	СВ	-20	4	240	В	Я	4	1
13	Аммиак	60	1.0	0	2	340	Н	СО	1	0,5
14	Аммиак	60	СВ	20	4	220	У	Я	2	0,5
15	Аммиак	90	1.5	10	2	45	Д	СО	4	1
16	Аммиак	90	СВ	-30	8	180	В	Я	3	1
17	Аммиак	120	2.0	0	8	80	Н	СО	1	2
18	Аммиак	120	СВ	-10	6	90	У	Я	2	1
19	Сернистый ангидрид	60	1.0	-30	2	340	В	Я	3	1
20	Сернистый ангидрид	60	СВ	20	4	160	Н	СО	1	2
21	Сернистый ангидрид	90	1.5	-5	6	120	У	Я	2	2

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	11
22	Сернистый ангидрид	90	СВ	25	8	30	Д	СО	3	1
23	Сернистый ангидрид	120	2.0	20	4	45	В	СО	2	2
24	Сернистый ангидрид	120	СВ	0	2	180	Н	Я	1	3
25	Синильная кислота	60	СВ	10	3	220	Д	Я	1	4
26	Синильная кислота	120	1,2	20	5	180	У	Я	2	5
27	Синильная кислота	90	1,5	-15	4	90	Н	СО	3	3
28	Синильная кислота	80	СВ	25	6	45	Н	СО	3	2
29	Синильная кислота	150	1,8	-25	6	160	В	Я	2	5
30	Синильная кислота	90	0,8	35	4	320	Д	Я	2	3

Таблица 1.3

Исходные данные индивидуальных заданий (вариант задания 1.2)

№ варианта	Глубина зоны заражения АХОВ в городе, (Г _г), км	Средняя плотность населения в городе (ρ), чел/км ²	Средняя плотность населения в загородной зоне (ρ'), чел/км ²	Доля населения, обеспеченного СИЗОД в городе (n ₁), %	Доля населения, обеспеченного СИЗОД в загородной зоне (n ₁ '), %	Доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты в городе (n ₂), %	Доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты в загородной зоне (n ₂ '), %
	1	2	3	4	5	6	7
1	2,8	2900	140	60	50	80	18
2	1,7	2800	130	55	45	65	16
3	6,3	2700	120	50	40	60	14
4	4,5	2600	110	45	35	55	12
5	2,4	2500	100	40	30	80	10
6	2,8	2900	140	40	30	70	10
7	3,7	2800	120	45	35	65	12
8	4,6	2700	100	50	40	50	14
9	5,5	2600	80	55	45	55	16
10	4,4	2500	60	60	50	60	18

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8
11	3,8	2900	140	60	50	70	18
12	6,7	2800	130	55	45	55	16
13	2,6	2700	120	50	40	60	14
14	3,5	2600	110	45	35	45	12
15	4,4	2500	100	40	30	70	10
16	2,8	2900	140	40	30	60	10
17	6,7	2800	120	45	35	55	12
18	6,6	2700	100	50	40	70	14
19	3,5	2600	80	55	45	65	16
20	3,4	2500	60	60	50	80	18
21	2,8	2900	140	60	50	60	18
22	1,7	2800	120	55	45	75	16
23	4,6	2700	100	50	40	80	14
24	5,0	2600	80	45	35	75	12
25	3,8	2900	140	60	50	70	18
26	6,7	2800	130	55	45	55	16
27	2,6	2700	120	50	40	60	14
28	3,5	2600	110	45	35	45	12
29	4,4	2500	100	40	30	70	10
30	2,8	2900	140	40	30	60	10

Таблица 1.4

Исходные данные индивидуальных заданий (вариант задания 2.1)

Вариант	АХОВ		Метеоусловия				Высота обвалования, м	Расстояние от ХОО до ОЭ, км
	наименование (жидкость)	кол-во, т	степень устойчивости воздуха	скорость ветра, м/с	направление ветра, °	температура воздуха, °С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Хлор	150	инверсия	1,4	15	15	1,3	40
2	Водород хлористый	120	изотермия	0,8	20	25	1,5	10
3	Сернистый ангидрид	160	изотермия	2,4	80	17	2,1	6
4	Сероводород	140	инверсия	2,3	0	-3	1,8	4
5	Аммиак	200	инверсия	1,3	180	24	2,2	8
6	Формальдегид	130	изотермия	1,7	150	33	1,7	20
7	Сероводород	200	изотермия	2,1	90	-10	2,1	2
8	Фтор	175	конвекция	2,3	270	15	1,4	23
9	Хлор	80	изотермия	1,8	300	16	0	10

Продолжение табл. 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	Окислы этилена	135	изотермия	1,9	10	36	0	8
11	Метиламин	160	инверсия	2,8	20	28	1,4	18
12	Метилхлористый	210	конвекция	2,7	28	-7	2,3	1
13	Триметиламин	92	инверсия	2,2	170	29	1,9	5
14	Водородхлористый	185	изотермия	2,4	92	-25	1,6	7
15	Соляная кислота	240	инверсия	2,9	290	16	2,4	10
16	Сероводород	170	инверсия	2,3	330	17	2,5	5
17	Соляная кислота	300	изотермия	4,8	270	18	2,6	4
18	Сероуглерод	400	изотермия	3,4	200	24	3,0	1
19	Формальдегид	120	инверсия	1,4	230	32	1,8	45
20	Метилбромистый	210	изотермия	2,7	95	29	2,3	7
21	Хлор	174	инверсия	1,2	350	17	1,7	50
22	Хлор	94	изотермия	3,1	175	18	0	9
23	Хлор	380	инверсия	1,8	340	16	3,0	60
24	Водородбромистый	120	инверсия	1,4	350	24	2,8	100
25	Аммиак	340	инверсия	2,4	0	-6	3,1	6,0
26	Диметиламин	175	изотермия	3,4	10	32	2,4	7,0
27	Аммиак	280	изотермия	2,9	170	17	3,0	2
28	Хлор	320	инверсия	3,4	350	24	3,1	30
29	Хлор	170	изотермия	2,8	300	25	2,1	12
30	Аммиак	240	изотермия	4,0	200	15	3,1	6

Таблица 1.5

Исходные данные индивидуальных заданий (вариант задания 2.2)

Вариант	Глубина зоны заражения АХОВ в городе (Γ_r), км	Средняя плотность населения в городе (ρ), чел/км ²	Средняя плотность населения в загородной зоне (ρ'), чел/км ²	Доля населения, обеспеченного СИЗОД в городе (n_1), %	Доля населения, обеспеченного СИЗОД в загородной зоне (n_1'), %	Доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты в городе (n_2), %	Доля населения, обеспеченного коллективными средствами защиты в загородной зоне (n_2'), %
1	15,2	1400	450	80	55	60	15
2	2,1	2700	200	75	15	50	10
3	2,6	2800	145	65	20	70	25
4	1,5	3010	560	90	45	45	30
5	4,1	1500	190	45	30	55	41
6	6,7	2100	87	90	70	69	38
7	1,1	3200	110	51	23	36	24
8	17,7	1800	75	30	10	65	4
9	2,6	2255	35	69	18	41	9
10	3,3	1870	79	42	23	38	18
11	8,9	4600	215	78	11	48	5
12	0,5	3800	238	49	9	35	2
13	3,9	2950	148	34	41	28	8
14	2,7	1670	338	47	50	51	26
15	1,8	2115	210	65	12	43	12
16	3,7	1730	39	28	43	72	28
17	0,9	4850	285	41	8	32	6
18	0,1	2875	428	71	20	42	21
19	18,9	1950	510	43	5	37	1
20	3,8	2100	180	38	16	66	18
21	18,6	3852	568	79	2	49	35
22	4,3	1990	382	82	21	39	11
23	26,6	2800	189	47	8	38	3
24	11,4	2910	401	69	12	51	19
25	2,9	1750	928	38	41	31	15
26	1,9	2100	389	75	20	65	20
27	2,8	4010	1050	69	17	41	6
28	11,1	1879	401	82	9	39	13
29	4,6	2103	82	61	42	77	39
30	11,5	2810	401	79	22	51	29

Вопросы для самоконтроля

1. Цель прогнозирования и оценки последствий аварии на химически опасном объекте.
2. Дайте характеристику существующим методикам оценки последствий аварий на ХОО.
3. Приведите основные показатели прогнозирования и оценки последствий аварии на химически опасных объектах.
4. Приведите классификацию химически опасных объектов.
5. Каково влияние степени вертикальной устойчивости атмосферы на распространение токсичного выброса?
6. Назовите причины образования первичного облака АХОВ при аварии на ХОО.
7. Назовите причины образования вторичного облака АХОВ при аварии на ХОО.

Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изм. и доп.).
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.).
3. Методика прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Руководящий документ РД 52.04.253-90. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 25 с.
4. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «ТОКСИ-2.2»): Сб. документов. – Серия 27. – Выпуск 2 / коллектив авт. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2002. – 208 с.
5. Акимов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие /

В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М.: Абрис, 2012. – 599 с. (ЭБС ун. библиотека online).

6. Емельянов В.М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ / В.М. Емельянов, В.Н. Коханов, П.А. Некрасов. – М.: Академический Проект, 2007. – 495 с.

7. Матрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учеб. пособие: рек. УМО. – М.: Академия, 2011. – 368 с.

8. Чрезвычайные ситуации на химически опасных объектах с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ) в окружающую природную среду: метод. разработка для студентов всех специальностей дневной формы обучения/ НГТУ / сост. Л.Н. Борисенко, В.А. Горишний, В.Б. Чернецов. – Н. Новгород, 2009. – 38 с.

9. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учеб. пособие / В.И. Юртушкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.

Глава 2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВЗРЫВОВ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

2.1. Понятия, термины и определения

В учебном пособии приведены термины и определения в соответствии с их изложением в РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» и РБ Г-05-039-96 «Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия».

Аварийный взрыв – чрезвычайная ситуация, возникающая в самый неожиданный момент в ограниченном пространстве спонтанно по стечению обстоятельств (совокупности состояний протекающих процессов) или в результате ошибочных действий отдельного лица (лиц), причиной или следствием которой стал взрыв на потенциально опасном объекте, оказывающая негативное влияние на окружающую среду.

Взрыв в воздушной среде – локализованный в пространстве процесс быстрого перехода потенциальной энергии источника (химической, тепловой, электрической, механической) в кинетическую энергию окружающей среды в форме волны давления, колебаний грунта, летящих предметов и теплового излучения области энерговыделения.

Взрывоустойчивость объекта – свойство объекта выполнять свои функции при воздействии механических факторов аварийного взрыва без нарушения безопасности.

Взрывчатые вещества – химические соединения или смеси, способные под воздействием внешнего импульса (удара, тепла и т.д.) к протекающим с большой скоростью экзотермическим химическим реакциям.

Воздушная ударная волна – распространяющееся с большой скоростью в атмосфере возмущение, на переднем фронте которого скачкообразно изменяются все физические параметры (давление, плотность, температура и массовая

скорость). Для воздушной ударной волны характерно наличие двух фаз – сжатия и разрежения с давлением выше и, соответственно, ниже атмосферного.

Вторичные осколки – незакрепленные предметы, находящиеся на территории объекта или его сооружений и вовлекаемые в движение проходящей ВУВ от аварийного взрыва.

Детонационный взрыв облаков газо- и топливновоздушных смесей – энергосвыделение в объеме облака при распространении экзотермической химической реакции со сверхзвуковой скоростью.

Дефлаграционный взрыв облаков газо- и топливновоздушных смесей – энергосвыделение в объеме облака при распространении экзотермической химической реакции с дозвуковой скоростью (взрывное горение).

Источник аварийных взрывов – объект, содержащий взрывоопасные вещества или взрывоопасные смеси (ВВ, ГВС, ТВС) и определяемый в связи с этим как потенциально опасный объект.

Первичные осколки – продукты разрушения оболочек резервуаров или контейнеров при взрывах внутри (зданий, сооружений или комплексов) объектов.

Поражающие факторы взрыва в атмосфере – следствия взрывных процессов, представляющие опасность для строительных конструкций, оборудования и человека. Наибольшим разрушающим потенциалом и дальностью действия обладают воздушные ударные и сейсмозрывные волны, а также летящие предметы (первичные и вторичные осколки, обломки, детали оборудования). Вторичным фактором взрыва в атмосфере является пожар.

Сейсмозрывные волны – возмущения, распространяющиеся в грунте и вызывающие колебания оснований зданий и сооружений. Различают первичные сейсмозрывные волны, распространяющиеся от места взрыва, и вторичные, в том числе генерируемые ВУВ.

Стехиометрическая смесь – смесь ГВС (ТВС), на каждый моль горючего вещества которой приходится необходимое количество молей кислорода для окисления, т.е. химическая реакция завершается полностью.

Сценарий – логическая последовательность взаимосвязанных состояний объекта или сложной технической системы, возможных при внешних воздействиях.

Потенциально опасный объект – объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации (ГОСТ 22.0.02-94).

2.2. Классификация взрывов

Взрыв – это весьма быстрое изменение химического (физического) состояния взрывчатого вещества, сопровождающееся выделением большого количества тепла и образованием большого количества газов, создающих ударную волну, способную своим давлением вызывать разрушения.

Взрывчатые вещества (ВВ) – особые группы веществ, способные к взрывчатым превращениям в результате внешних воздействий.

Различают следующие взрывы:

1. Физический – высвобождающаяся энергия является внутренней энергией сжатого или сжиженного газа (сжиженного пара). Сила взрыва зависит от внутреннего давления. Возникающие разрушения могут вызываться ударной волной от расширяющегося газа или осколками разорвавшегося резервуара (пример: разрушение резервуаров со сжатым газом, паровых котлов, а также мощные электрические разряды).

2. Химический – взрыв, вызванный быстрой экзотермической химической реакцией, протекающей с образованием сильно сжатых газообразных или парообразных продуктов. Примером может служить взрыв дымного пороха, при котором происходит быстрая химическая реакция между селитрой, углем и серой, сопровождающаяся выделением значительного количества теплоты. Образовавшиеся газообразные продукты, нагретые за счет теплоты реакции до вы-

сокой температуры, обладают высоким давлением и, расширяясь, производят механическую работу.

3. Атомные взрывы. Быстропротекающие ядерные или термоядерные реакции (реакции деления или соединения атомных ядер), при которых освобождается очень большое количество теплоты. Продукты реакции, оболочка атомной или водородной бомбы и некоторое количество окружающей бомбу среды мгновенно превращаются в нагретые до очень высокой температуры газы, обладающие соответственно высоким давлением. Явление сопровождается колоссальной механической работой.

Химические взрывы подразделяются на конденсированные и объемные взрывы. Под конденсированными взрывчатыми веществами понимаются химические соединения и смеси, находящиеся в твердом или жидком состоянии, которые под влиянием определенных внешних условий способны к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с образованием сильно нагретых и обладающих большим давлением газов, которые, расширяясь, производят механическую работу. Такое химическое превращение ВВ принято называть *взрывчатым превращением*.

Возбуждением взрывчатого превращения ВВ называется *инициированием*. Для возбуждения взрывчатого превращения ВВ требуется сообщить ему с определенной интенсивностью необходимое количество энергии (начальный импульс), которая может быть передана одним из следующих способов:

механическим (удар, накол, трение);

тепловым (искра, пламя, нагревание);

электрическим (нагревание, искровой разряд);

химическим (реакции с интенсивным выделением тепла);

взрывом другого заряда ВВ (взрыв капсуля-детонатора или соседнего заряда). Конденсированные ВВ подразделяются на 4 группы, характеристики которых приведены в табл. 2.1.

Характеристика конденсированных ВВ

Группы	Характеристика. Примеры вещества
I	Чрезвычайно опасные вещества. Нестабильны. Взрываются даже в самых малых количествах. Трихлорид азота; некоторые органические перекисные соединения; ацетиленид меди, образующийся при контакте ацетилена с медью или медесодержащим сплавом.
II	Первичные ВВ. Менее опасные вещества. Иницирующие соединения. Обладают очень высокой чувствительностью к удару и тепловому воздействию. Используются в основном в капсулах-детонаторах для возбуждения детонации в зарядах ВВ. Азид свинца, гремучая ртуть.
III	Вторичные ВВ (бризантные ВВ). Возбуждение детонации в них происходит при воздействии сильной ударной волны. Последняя может создаваться в процессе их горения или с помощью детонатора. Как правило, ВВ этой группы сравнительно безопасны в обращении и могут храниться в течение длительных промежутков времени. Динамиты, тротил, гексоген, октоген, централит.
IV	Метательные ВВ, пороха. Чувствительность к удару очень мала, относительно медленно горят. Баллистические пороха – смесь нитроцеллюлозы, нитроглицерина и других технологических добавок. Загораются от пламени, искры или нагрева. На открытом воздухе быстро горят. В замкнутом сосуде взрываются. На месте взрыва черного пороха, содержащего азотнокислый калий, серу и древесный уголь в отношениях 75:15:10, остается остаток, содержащий углерод.

Классификацию взрывов можно произвести и по типам химических реакций:

1. Реакция разложения – процесс разложения, который дают газообразные продукты.
2. Окислительно-восстановительная реакция – реакция, в которой воздух или кислород реагирует с восстановителем.
3. Реакция смесей – пример такой смеси – порох.

Объемные взрывы бывают двух типов – взрывы облака пыли (пылевые взрывы) и взрывы паровых облаков.

Взрывы облака пыли (пылевые взрывы) рассматриваются как взрывы пыли в штольнях шахт и в оборудовании или внутри здания. Такие взрывоопасные смеси возникают при дроблении, просеве, насыпке, перемещении пылящих материалов. Взрывоопасные пылевые смеси имеют нижний концентрационный предел взрываемости (НКПВ), определяемый содержанием (в

граммах на кубический метр) пыли в воздухе. Так, для порошка серы НКПВ составляет $2,3 \text{ г/м}^3$. Концентрационные пределы пыли не являются постоянными и зависят от влажности, степени измельчения, содержания горючих веществ.

В основе механизма пылевых взрывов на шахтах лежат относительно слабые взрывы газовой смеси воздуха и метана. Такие смеси считаются уже взрывоопасными при 5%-й концентрации метана в смеси. Взрывы газовой смеси вызывают турбулентность воздушных потоков, достаточных для того, чтобы образовать пылевое облако. Воспламенение пыли порождает ударную волну, поднимающую еще большее количество пыли, и тогда может произойти мощный разрушительный взрыв.

Пылевые взрывы внутри зданий и оборудования чаще всего происходят на элеваторах, где из-за трения зернышек при их перемещении образуется большое количество мелкой пыли.

Взрывы паровых облаков – процессы быстрого превращения, сопровождающиеся возникновением взрывной волны, происходящие на открытом воздушном пространстве в результате воспламенения облака, содержащего горючий пар. Такие явления возникают при утечке сжиженного газа, как правило, в ограниченных пространствах (помещениях), где быстро растет та предельная концентрация горючих элементов, при которой происходит воспламенение облака. Наиболее часто ЧС, связанные с взрывами газа, возникают при эксплуатации коммунального газового оборудования.

Для предупреждения таких взрывов ежегодно проводят профилактику газового оборудования. Здания взрывоопасных цехов, сооружений, часть панелей в стенах делают легкоразрушаемыми, а крыши – легкобрасываемыми.

Классификация аварийных взрывов

Тип аварийного взрыва	Ведущий взрывной процесс генерации ВУВ	Особые условия
Взрыв ВВ	Детонация ВВ	1. ВВ в прочной оболочке 2. ВВ без оболочки или в непрочной оболочке
Взрыв ТВС в замкнутом объеме при отсутствии начального избыточного давления	1. Объемная детонация смеси 2. Объемная дефлаграция смеси	1. Газо- и паровоздушная смесь 2. Капельно-воздушная смесь 3. Пылевзвешенная смесь
То же, при наличии начального избыточного давления	1. Объемная детонация смеси 2. Объемная дефлаграция смеси	1. Горение смеси после разрушения емкости 2. Без горения смеси после разрушения емкости
Взрыв облака ТВС в неограниченном пространстве	1. Объемная детонация смеси 2. Объемная дефлаграция смеси	—
Разрушение емкости с газами или жидкостями, в т.ч. емкостей с перегретыми жидкостями	Распад начального разрыва (скачка)	1. Без горения смеси после разрушения емкости 2. При горении смеси внутри емкости 3. Горение смеси после разрушения емкости

Примечание. Для каждого типа аварийного взрыва ведущий взрывной процесс и особые условия его протекания могут реализовываться в любом сочетании. В графе «Особые условия» отражены либо специфика реализации каждого взрывного процесса, либо дополнительные факторы.

2.3. Анализ источников и опасности воздействия аварийных взрывов на потенциально опасные объекты

Потенциально опасные производственные объекты и объекты на исследуемой территории вблизи их включаются в перечень потенциальных источников аварийных взрывов при наличии у них следующего:

конденсированных ВВ (независимо от массы и способа использования);
жидких или газообразных энергоносителей в резервуарах (независимо от вида энергоносителя, способа его использования и объема резервуара);
сосудов (резервуаров) с газами под давлением.

В качестве объектов, содержащих потенциальные источники аварийных взрывов, следует рассматривать (перечень неисчерпывающий):

компоненты химических и нефтеперегонных комплексов;

хранилища энергоносителей (жидких и газообразных) и ВВ;
транспортные магистрали (воздушные, наземные, водные);
транспортные сооружения (доки, терминалы, причалы, порты);
буровые вышки, нефтяные скважины;
шахты, карьеры;
трубопроводы для перекачки жидких и газообразных энергоносителей;
объекты оборонного комплекса.

Необходимо рассматривать и учитывать при анализе опасности аварийных взрывов объекты оборонного комплекса, нефтяные терминалы, магистральные нефте- и газопроводы, другие объекты, характеризующиеся высокими показателями риска взрыво- и пожароопасности, если они находятся в пределах 10-километровой зоны относительно периметра ограды площадки ПОО.

При описании потенциальных источников аварийных взрывов на объектах следует использовать документацию, относящуюся ко всем аспектам их функционирования, включая инструкции по эксплуатации.

Сведения о наличии и характеристиках потенциальных источников аварийных взрывов на объектах следует получать при обследовании района и площадки размещения. Она должна быть согласована административными органами, контролирующими и эксплуатирующими эти объекты.

При анализе потенциальных источников аварийных взрывов следует принимать во внимание:

характеристики источника (объем, масса, тротилловый эквивалент ВВ);
месторасположение источника (удаленность, рельеф местности, наличие заграждений, естественных и искусственных препятствий и прочие факторы);
особенности хранения ВВ (тип и конструкция хранилища, размещение ВВ в хранилище, высота хранилища над поверхностью земли, наличие мер по предупреждению взрыва);
возможные внешние исходные события для инициирования взрыва на объектах;

другую информацию, позволяющую уточнить расчетную модель взрыва и возможные последствия от его механического действия.

Для определения степени опасности потенциальных источников аварийных взрывов на объектах полезна следующая информация:

данные о количествах опасных материалов;

параметры технологических процессов;

максимальные объемы резервуаров, складов и других хранилищ;

технические характеристики трубопроводов (маршруты, конструкции, изолирующие системы, эксплуатационные условия);

наличие (отсутствие) аварий на анализируемом объекте – источники, сценарии их протекания и предусмотренные системы предупреждения взрыва и/или последствий взрыва;

возможность взаимодействия материалов, хранящихся на разных складах или применяемых в различных процессах;

максимальное количество ВВ;

данные о розе ветров и других метеорологических особенностях района;

физико-механические и динамические характеристики грунтов в данном районе.

При анализе взрывоопасности наземного, водного и воздушного транспорта следует обращать внимание на следующие факторы:

порты, гавани, аэропорты, каналы, разъезды, автомобильные и железнодорожные (в т.ч. сортировочные) станции;

характеристики грузопотоков в районе;

типы и количества материалов, перевозимых транспортным средством по каждому маршруту;

размеры транспортных резервуаров, скорость движения автотранспорта, сведения о системах погрузки автомобильного транспорта, развилках дорог и их перекрестках, интенсивности движения на дорогах, маршрутах движения транспорта;

статистические данные о дорожно-транспортных происшествиях, в т.ч. со средствами, перевозящими взрывоопасные грузы, и их последствиях.

Анализ опасности воздействий аварийных взрывов на объектах для зданий и сооружений выполняется в следующей последовательности.

Этап 1 – на основании данных обследований на исследуемой территории и на площадке объекта определяются возможные источники аварийных взрывов и расстояния от каждого источника до зданий и сооружений.

Этап 2 – определяются параметры и характеристики основных поражающих факторов от всех источников аварийных взрывов.

Этап 3 – определяются критерии взрывоустойчивости зданий и сооружений объекта.

Дальнейшая последовательность анализа зависит от того, производится ли оценка взрывоустойчивости зданий и сооружений действующего (реконструируемого) объекта или вновь проектируемого объекта.

Этап 3.1 – при оценке взрывоустойчивости действующих (реконструируемых) объектов в качестве критерия используется реальная взрывоустойчивость зданий (сооружений); при этом допускается принимать во внимание сведения об их устойчивости к другим типам нагрузок и воздействий (длительных, кратковременных, особых).

Этап 3.2 – при оценке взрывоустойчивости вновь проектируемых зданий и сооружений анализируются критерии, заложенные в проектные основы для проектирования зданий, сооружений, систем и элементов, важных для безопасности.

Одним из таких критериев применительно к воздействию ВУВ является величина допускаемого давления на здания и сооружения, важные для безопасности, определяемая в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Этап 4 – проводится оценка опасности аварийных взрывов.

Этап 4.1 – для действующих объектов проводится консервативная оценка по выбранным критериям взрывоустойчивости зданий и сооружений на воздействия, которые могут оказывать выявленные источники взрывной опасности, на основе экспресс-оценок. Для реконструируемых и проектируемых ПОО применение экспресс-оценок допустимо только для предварительных оценок.

Этап 4.2 – если полученные консервативные результаты на этапе 4.1 для действующих объектов не удовлетворяют поставленным целям оценок взрывоустойчивости, производится уточненный анализ взрывоустойчивости на основе реалистических оценок (уточненных моделей взрыва и моделей сооружений).

Этап 4.3 – анализ взрывоустойчивости на основе реалистических оценок для проектируемых и реконструируемых потенциально опасных объектов.

Результаты этапов 4.2 и 4.3 более предпочтительны для принятия решения для действующих, реконструируемых и проектируемых ПОО.

Этап 5 – допускается применение вероятностных подходов при определении опасности аварийных взрывов в целях снижения консерватизма оценок, если имеются данные количественных оценок вероятности аварийных взрывов, полученных методами статистической обработки данных по аварийным взрывам на объектах-источниках, аналогичных анализируемому.

Этап 6 – если уточненный анализ взрывоустойчивости показывает, что взрывоустойчивость зданий и сооружений ПОО не обеспечивается, следует проводить инженерно-технические и организационные мероприятия. В их числе: перенос источников аварийных взрывов, реконструкция зданий или сооружений ПОО, разрушение которых приводит к последствиям, оказывающим влияние на системы и элементы ПОО, важные для безопасности.

Может также ставиться вопрос о запрещении эксплуатации этих источников, приводятся рекомендации по уточнению регламентов их эксплуатации и принятию защитных мер на предприятиях – владельцах ВВ.

На основе данных об аварийных взрывах в промышленности и на транспорте и их статистики в качестве расчетных физических моделей внешних аварийных взрывов (по Руководству РБ Г-05-039-96) приняты:

1. Детонация компактной массы ВВ.
2. Детонация облака (объема) газозоудшной (ГВС) или/и топливно-воздушной смеси (ТВС).
3. Дефлаграция (взрывное горение) облаков (объемов) этих же смесей (ГВС и ТВС).

4. Разрушение резервуаров (сосудов) под действием внутреннего квазистатического давления.

Перечень потенциальных источников аварийных взрывов приведен в табл. 2.3. Он содержит рекомендации по приемлемым физическим моделям аварийных взрывов для каждого объекта и необходимые расчетные технические характеристики. Перечень объектов дан из специфики типовой промышленной инфраструктуры.

Таблица 2.3

Перечень потенциальных источников аварийных взрывов*

Идентификационный признак	Наименование или функциональное назначение объекта	Определяемые технические характеристики	Рекомендуемая расчетная модель
ВВ	1. Хранилище (склад) ВВ или изделий, содержащих ВВ 2. Перевозки ВВ и изделий, содержащих ВВ	1. Тип и коэффициент эквивалентности ВВ 2. Полная масса ВВ 3. Геометрия объема, занимаемого ВВ	Детонация ВВ
Энергоносители в резервуарах	1. Емкости для топлив и масел 2. Ресиверы или баллоны с газообразными или жидкими углеводородами 3. Железнодорожные и автомобильные емкости для углеводородов 4. Газгольдер	1. Тип энергоносителя и физико-химические характеристики его горения и взрыва 2. Объем резервуара 3. Давление в резервуаре	Детонация ГВС (ТВС) Дефлаграция ГВС (ТВС) Разрушение резервуаров внутренним давлением
Расходуемые энергоносители	1. Отсек электролизной 2. Водородная станция 3. Дизельная 4. Котельная 5. Автомобили, работающие на газовом топливе	1. Тип энергоносителя 2. Объем емкости или производительность 3. Размеры помещения 4. Физико-химические характеристики горения и взрыва	Детонация ГВС (ТВС) Дефлаграция ГВС (ТВС)
Сосуды высокого давления	Баллоны со сжатыми инертными газами (воздух, азот, аргон, гелий и т.д.)	1. Объем сосуда 2. Давление в сосуде 3. Вид газа	Разрушение резервуаров внутренним давлением

* Перечень отражает специфику промышленной инфраструктуры района размещения ПОО, но не является исчерпывающим.

Взрывы от источников, выявленных при обследовании на площадке ПОО и в исследуемой зоне вблизи ПОО, следует классифицировать по типам веду-

щего процесса генерации ВУВ, руководствуясь сведениями, приведенными в табл. 2.3.

В целях обеспечения необходимого и достаточного консерватизма оценок при определении параметров поражающих факторов от источников аварийных взрывов следует принимать во внимание:

возможность инициирования одного источника другим (например, ударная волна от взрыва конденсированного ВВ может вызвать разрушение или разгерметизацию емкости с горючим веществом или опрокидывание железнодорожного состава, в котором имеются потенциальные источники взрыва;

тепловое излучение часто приводит к нагреву близко расположенных емкостей с перегретой жидкостью, что является причиной взрыва емкости, а если в емкости находится горючее вещество, к последующему взрыву газо- и капельно-воздушного облака; летящий осколок может пробить трубопровод или емкость под давлением и т.д.);

возможность совместного воздействия поражающих факторов от различных источников на объект.

В случае разгерметизации емкости с горючим газом под давлением истекает высокоскоростная турбулентная струя. Режим смешения с воздухом определяется ее параметрами и не зависит от метеоусловий. Размеры взрывоопасного облака определяются поверхностью, на которой концентрация ВВ соответствует нижнему концентрационному пределу, а скорость взрывного превращения – скоростным характеристикам турбулентной струи. При расчете параметров взрывной волны, генерированной сгоранием такого облака, следует использовать консервативный подход, считая, что струя направлена в сторону ПОО.

При разрушении емкости или аппарата со сжиженным горючим газом, хранящимся при температуре окружающей среды, происходят быстрое вскипание жидкого газа и диспергирование его на мелкие капли. Следует определять долю диспергированного вещества, используя диаграммы состояния. Оставшаяся часть вещества попадает на грунт и испаряется. Образовавшееся после испарения и диспергирования облако растекается под действием силы тяжести,

перемешиваясь с воздухом. Одновременно происходят дрейф и рассеивание облака под действием атмосферной турбулентности.

Следует оценивать взрывоопасность такого облака. Принимается, что дрейф (если позволяет рельеф местности) происходит по направлению к ПОО. Необходимо учитывать, что дрейф в сторону другого источника взрыва может привести к покрытию источника облаком горючей смеси и усилению взрывного воздействия облака и источника на объект.

При оценке воздействия взрывов от перемещающихся источников следует исходить из предположения, что на данном транспортном маршруте происходит взрыв всего транспортируемого за один раз материала. Источник принимается максимально приближенным к ПОО или к его системам и элементам, важным для безопасности.

2.4. Предварительная оценка опасности аварийного взрыва

В случае взрыва конденсированного ВВ значения параметров ВУВ допускается определять только одним параметром – полным энергосодержанием.

Взрыв облака горючей смеси может происходить в одном из двух качественно отличающихся режимах – дефлаграционном и детонационном. В процессе развития взрыва возможен переход горения из первого режима во второй.

В случае детонационного взрыва параметры ВУВ определяются энергией, выделившейся при взрыве облака ГВС. При дефлаграционном взрыве облака горючей смеси параметры ВУВ зависят от скорости распространения пламени, геометрии и размеров облака.

Для предварительной оценки опасности установленных на площадке и в исследуемой зоне вокруг ПОО потенциальных источников аварийных взрывов для зданий и сооружений ПОО используется зависимость избыточного давления ΔP_{ϕ} на фронте проходящей ВУВ от расстояния R между источником взрыва и конструктивными элементами сооружений.

Если в качестве критерия устойчивости ПОО в целом или его отдельных элементов к воздействию ВУВ принимается значение ΔP_{ϕ} , соответствующее предельно допустимым нагрузкам на конструкции сооружений, то по известной зависимости $\Delta P_{\phi}(R)$ можно определить:

минимальное безопасное расстояние от ПОО до источника взрыва при известных параметрах источника;

максимально допускаемое количество взрывоопасного вещества при известном расстоянии от источника взрыва до ПОО.

В подавляющем большинстве случаев аварийные взрывы газоздушных смесей происходят в режиме дефлаграционного взрыва. Скорость горения при дефлаграционном взрыве с учетом загроможденности пространства и мощности источника зажигания ориентировочно может быть определена расчетом. Полученную оценку скорости горения ГВС или ТВС можно использовать при расчетах параметров ВУВ дефлаграционного взрыва.

Наряду с учетом действия ВУВ на строительные конструкции объекта необходимо принимать во внимание возможность воздействия летящих предметов (первичных и вторичных осколков). Если первичные осколки образуются при разрушении оболочек резервуаров, то вторичные имеют двоякую природу: незакрепленные предметы (стоящие или лежащие блоки, плиты и оборудование), вовлеченные в движение при ВУВ, закрепленные ранее предметы (столбы линий электропередач и элементы трубопроводов и т.д.), но разрушенные ВУВ и вовлеченные в движение.

Исходными данными для последующего расчета прочности конструкций, испытывающих воздействие ВУВ, являются масса, скорость и размеры летящего предмета, площадь контакта в момент удара.

Место приложения нагрузки определяется исходя из направления предполагаемого воздействия и угла подлета летящих предметов.

При взрывах на объектах следует анализировать сотрясение грунта, которое передает колебания на фундамент сооружения и далее на все конструкции, системы и оборудование.

Для анализа устойчивости конструкций зданий, оборудования и трубопроводов, важных для безопасности, при определении нагрузок, возникающих при колебаниях грунта от взрыва, необходимы исходные данные в виде функции изменения во времени перемещений, скоростей и ускорений в свободном поле на уровне отметки основания, а также динамические характеристики грунта.

Следует учитывать зависимости характеристик и параметров колебаний грунта, возникающих от взрыва, от количества энергии, выделившейся при взрыве, расстояния до объекта и физико-механических характеристик грунтов основания.

При анализе взрывоустойчивости ПОО необходимо оценивать возможное повреждение зданий и сооружений в результате воздействия на них сейсмозрывных волн, генерируемых аварийным взрывом и распространяющихся в грунте. Для прогноза сохранности зданий допускается использование методики, повсеместно принятой в практике проведения безопасных взрывных работ и заключающейся в сравнении величин максимально возможной массовой скорости сейсмозрывной волны, распространяющейся в данном грунте от источника, с предельно допустимой скоростью колебания основания для данного сооружения, с учетом конструктивных особенностей и состояния здания.

Характеристики, описывающие колебания грунта от взрыва (временная функция и соответствующие ей спектры ответа), могут устанавливаться по результатам натурных испытаний на самой площадке. Допускается применять на практике процедуры определения параметров колебания грунта для проектных основ, основанные на пересчете результатов модельных взрывов малой мощности. Качество ВВ и удаленность места взрыва должны выбираться с учетом правомерности полученных записей колебаний для применения лишь в дальней зоне взрыва, т.е. там, где поведение грунта заведомо подчиняется законам теории упругости.

Допускается синтезировать спектр колебаний грунта от взрыва на основе имеющихся аналогов для известных грунтовых условий, если может быть установлено соответствие характеристик грунта аналога и данной площадки.

2.5. Методика прогнозирования и оценка последствий аварийных взрывов

Поставленная перед студентами задача по прогнозированию и оценки последствий аварийных взрывов на потенциально опасных объектах ориентирована на использование расчетов, изложенных в методике РД 03-409-01 «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей».

Данная методика позволяет провести приближенную оценку различных параметров воздушных ударных волн и определить вероятные степени поражения людей и повреждений зданий при авариях со взрывами топливно-воздушных смесей.

Методика предназначена для количественной оценки параметров воздушных ударных волн при взрывах топливно-воздушных смесей, образующихся в атмосфере при промышленных авариях. При рассмотрении предполагаются частичная разгерметизация или полное разрушение оборудования, содержащего горючее вещество в газообразной или жидкой фазе, выброс этого вещества в окружающую среду, образование облака ТВС, инициирование ТВС, взрывное превращение (горение или детонация) в облаке ТВС.

Методика позволяет определять вероятные степени поражения людей и степени повреждений зданий от взрывной нагрузки при авариях со взрывами топливно-воздушных смесей.

Предполагается, что в образовании облака ТВС участвует горючее вещество одного вида, в противном случае (для смеси нескольких горючих веществ) характеристики ТВС, используемые при расчетах параметров ударных волн, определяются отдельно.

Используемые обозначения при расчетах:

C_0 – скорость звука в воздухе, м/с;

C_r – концентрация горючего вещества в облаке ТВС, кг/м³;

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация в смеси с воздухом, кг/м³;

E – эффективный энергозапас ТВС, Дж;

I – импульс волны давления, Па · с;

I_+ – импульс фазы сжатия, Па · с;

I_- – импульс фазы разрежения, Па · с;
 I_{r+} – импульс отраженной волны давления, Па · с;
 I_{r-} – импульс отраженной волны разрежения, Па · с;
 I_* – безразмерный импульс фазы сжатия;
 K_i – декремент затухания;
 K_r – декремент изменения давления в отраженной волне;
 M_r – масса горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС, кг;
 ΔP – избыточное давление, Па;
 ΔP_+ – амплитуда волны давления, Па;
 ΔP_- – амплитуда волны разрежения, Па;
 ΔP_{r+} – амплитуда отраженной волны давления, Па;
 ΔP_{r-} – амплитуда отраженной волны разрежения, Па;
 P_0 – атмосферное давление, Па;
 P_* – безразмерное давление;
 Pr_1 – пробит-функция повреждений стен промышленных зданий;
 Pr_2 – пробит-функция разрушения промышленных зданий;
 Pr_3 – пробит-функция длительной потери управляемости у людей (состояние нокдауна);
 Pr_4 – пробит-функция разрыва барабанных перепонок у людей;
 Pr_5 – пробит-функция отброса людей волной давления;
 R – расстояние от центра облака ТВС, м;
 R_* – безразмерное расстояние от центра облака ТВС;
 V_r – скорость видимого фронта пламени, м/с;
 W – тротильный эквивалент взрыва ТВС, кг;
 m – средняя масса человека, кг;
 q_r – удельная теплота сгорания газа, Дж/кг;
 t – время процесса, с;
 β – корректировочный параметр, характеризующий фугасные свойства ТВС;
 λ – параметрическое расстояние;

- σ – степень расширения продуктов сгорания;
- t_+ – длительность фазы сжатия, с;
- t_- – длительность фазы разрежения, с;
- t_{+*} – длительность отраженной волны давления, с;
- t_{-*} – длительность отраженной волны разрежения, с.

Определение эффективного энергозапаса взрыва ТВС

Эффективный энергозапас горючей смеси определяется по соотношению:

$$E = M_r q_r, \quad \text{при } C_r \leq C_{cr} \quad (2.1)$$

$$\text{или } E = M_r q_r C_{cr}/C_r, \quad \text{при } C_r > C_{cr}.$$

При расчете параметров взрыва облака, лежащего на поверхности земли, величина эффективного энергозапаса удваивается. Для оценки объема газового облака ТВС можно воспользоваться простым соотношением $V = M_r/C_{cr}$ (примечание: стехиометрическая концентрация горючего вещества в ТВС определяется из справочных данных или рассчитывается отдельно).

В случае, если определение концентрации горючего вещества в смеси затруднено, в качестве величины C_r в соотношении (2.1) принимается концентрация, соответствующая нижнему концентрационному пределу воспламенения горючего газа.

Теплота сгорания горючего газа q_r в ТВС берется из справочных данных или оценивается по формуле:

$$q_r = 44\beta \text{ МДж/кг.}$$

Корректировочный параметр β для наиболее распространенных в промышленном производстве опасных веществ определяется по табл. 2.4.

Масса горючего газа, содержащегося в облаке ТВС, может задаваться в качестве исходного параметра или определяться исходя из условий развития аварий.

Таблица 2.4

Классификация горючих веществ по степени чувствительности

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4	
особо чувствительные вещества (размер детонационной ячейки менее 2 см)		чувствительные вещества (размер детонационной ячейки от 2 до 10 см)		среднечувствительные вещества (размер детонационной ячейки от 10 до 40 см)		слабочувствительные вещества (размер детонационной ячейки больше 40 см)	
1	2	3	4	5	6	7	8
	β		β		β		β
Ацетилен	1,1	Акрилонитрил	0,67	Ацетальдегид	0,56	Аммиак	0,42
Винилацетилен	1,03	Акролеин	0,62	Ацетон	0,65	Бензол	0,33
Водород	2,73	Бутан	1,04	Бензин	1	Декан	1
Гидразин	0,44	Бутилен	1	Винилацетат	0,51	Дизтопливо	1
Изопропилнитрат	0,41	Бутадиен	1	Винилхлорид	0,42	О-дихлорбензол	0,42
Метилацетилен	1,05	1,3-пентадиен	1	Гексан	1	Додекан	1
Нитрометан	0,25	Пропан	1,05	Генераторный газ	0,33	Керосин	1
Окись пропилена	0,7	Пропилен	1,04	Изооктан	1	Метан	1,14
Окись этилена	0,62	Сероуглерод	0,32	Метиламин	0,7	Метилбензол	1
Этилнитрат	0,3	Этан	1,08	Метилацетат	0,53	Метилмеркаптан	0,53
		Этилен	1,07	Метилбутилкетон	0,79	Метилхлорид	0,12
		ШФЛУ	1	Метилпропилкетон	0,76	Нафталин	0,91
		Диметиловый эфир	0,66	Метилэтилкетон	0,71	Окись углерода	0,23
		Дивиниловый эфир	0,77	Октан	1	Фенол	0,92
		Метилбутиловый эфир	-	Пиридин	0,77	Хлорбензол	0,52

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
		Диэтиловый эфир	0,77	Сероводород	0,34	Этилбензол	0,90
		Диизопропиловый эфир	0,82	Метиловый спирт	0,52	Дихлорэтан	0,25
				Этиловый спирт	0,62	Трихлорэтан	0,14
				Пропиловый спирт	0,69		
				Амиловый спирт	-		
				Изобутиловый спирт	0,79		
				Изопропиловый спирт	0,69		
				циклогексан	1		
				Этилформиат	0,46		
				этилхлорид	0,43		
				Сжиженный природный газ	1		
				Печной газ	0,09		
				Циклопропан	1		
				Этиламин	0,8		

Определение ожидаемого режима взрывного превращения

ТВС, способные к образованию горючих смесей с воздухом, по своим взрывоопасным свойствам разделены на четыре класса. Классификация горючих веществ приведена в табл. 2.4.

В связи с тем, что характер окружающего пространства в значительной степени определяет скорость взрывного превращения облака ТВС и, следовательно, параметры ударной волны, геометрические характеристики окружающего пространства разделены на виды в соответствии со степенью его загроможденности.

Вид 1. Наличие длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью, при сгорании которой возможно ожидать формирование турбулентных

струй продуктов сгорания с размером не менее трех размеров детонационной ячейки данной смеси. Если размер детонационной ячейки для данной смеси неизвестен, то минимальный характерный размер турбулентных струй принимается равным 5 см для веществ класса 1; 20 см – для веществ класса 2; 50 см – для веществ класса 3 и 150 см – для веществ класса 4.

Вид 2. Сильно загроможденное пространство: наличие полузамкнутых объемов, высокая плотность размещения технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся препятствий.

Вид 3. Средне загроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.

Вид 4. Слабо загроможденное и свободное пространство.

Известны два основных режима протекания быстропротекающих процессов – детонация и дефлаграция. Для оценки параметров действия взрыва возможные режимы взрывного превращения ТВС разбиты на шесть диапазонов по скоростям их распространения, причем пять из них приходится на процессы дефлаграционного горения ТВС, поскольку характеристики процесса горения со скоростями фронта меньшими 500 м/с имеют существенные качественные различия.

Ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения определяется с помощью экспертной табл. 2.5 в зависимости от класса горючего вещества и вида окружающего пространства.

Таблица 2.5

Экспертная таблица для определения режима взрывного превращения

Класс горючего вещества	Вид окружающего пространства			
	1	2	3	4
Ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения				
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

Ниже приводится классификация режимов взрывного превращения ТВС по диапазонам скоростей.

Диапазон 1. Детонация или горение со скоростью фронта пламени 500 м/с и больше.

Диапазон 2. Дефлаграция, скорость фронта пламени 300-500 м/с.

Диапазон 3. Дефлаграция, скорость фронта пламени 200-300 м/с.

Диапазон 4. Дефлаграция, скорость фронта пламени 150-200 м/с.

Диапазон 5. Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:

$$V_r = k_2 M_r^{1/6}, \quad (2.2)$$

где k_1 – константа, равная 43.

Диапазон 6. Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением:

$$V_r = k_1 M_r^{1/6}, \quad (2.3)$$

где k_2 – константа, равная 26.

Оценка агрегатного состояния ТВС

Для дальнейших расчетов необходимо оценить агрегатное состояние топлива смеси. Предполагается, что смесь гетерогенная, если более 50% топлива содержится в облаке в виде капель, в противном случае ТВС считается газовой. Провести такие оценки можно исходя из величины давления насыщенных паров топлива при данной температуре и времени формирования облака. Для летучих веществ, таких как пропан при температуре +20°C, смесь можно считать газовой, а для веществ с низким давлением насыщенного пара (распыл дизтоплива при +20°C) расчеты проводятся в предположении гетерогенной топливно-воздушной смеси.

Расчет максимального избыточного давления импульса фазы сжатия воздушных ударных волн

После того как определен вероятный режим взрывного превращения, рассчитываются основные параметры воздушных ударных волн (избыточное давление ΔP и импульс волны давления I) в зависимости от расстояния до центра облака.

Для вычисления параметров воздушной ударной волны на заданном расстоянии R от центра облака при детонации облака ТВС предварительно рассчитывается соответствующее безразмерное расстояние по соотношению:

$$R_x = \frac{R}{\left(\frac{E}{P_0}\right)^{1/3}} \quad (2.4)$$

(Примечание. Все соотношения также могут быть записаны в функциях аргумента $\lambda = \frac{100R}{E^{1/3}}$. При принятых в Методике допущениях между R_x и λ существует простая связь: $\lambda = 2,15R_x$).

Далее рассчитываются безразмерное давление P_x и безразмерный импульс фазы сжатия I_x .

В случае детонации облака газовой ТВС расчет производится по следующим формулам:

$$\ln(P_x) = -1,124 - 1,66\ln(R_x) + 0,26 (\ln(R_x))^2 \pm 10\%; \quad (2.5)$$

$$\ln(I_x) = -3,4217 - 0,898\ln(R_x) - 0,0096 (\ln(R_x))^2 \pm 15 \%. \quad (2.6)$$

Зависимости (2.5) и (2.6) справедливы для значений R_x , больших величины $R_k = 0,2$ и меньших $R_k = 24$. В случае $R_k < 0,2$ величина P_x полагается равной 18, а в выражение (2.6) подставляется значение $R_x = 0,142$.

В случае детонации облака гетерогенной ТВС расчет производится по следующим формулам:

$$P_x = \frac{0,125}{R_x} + \frac{0,137}{R_x^2} + \frac{0,023}{R_x^3} \pm 10\%; \quad (2.7)$$

$$I_x = \frac{0,022}{R_x} \pm 15\%. \quad (2.8)$$

Зависимости (2.7) и (2.8) справедливы для значений R_x , больших величины $R_k = 0,25$. В случае если $R_x < R_k$, величина P_x полагается равной 18, а величина $I_x = 0,16$.

Дефлаграция газовых и гетерогенных ТВС

В случае дефлаграционного взрывного превращения облака ТВС к параметрам, влияющим на величины избыточного давления и импульса положи-

тельной фазы, добавляются скорость видимого фронта пламени (V_r) и степень расширения продуктов сгорания (σ). Для газовых смесей принимается $\sigma=7$, для гетерогенных – $\sigma=4$. Для расчета параметров ударной волны при дефлаграции гетерогенных облаков величина эффективного энергозапаса смеси умножается на коэффициент $\frac{\sigma-1}{\sigma}$.

Безразмерные давление P_{x1} и импульс фазы сжатия I_{x1} определяются по соотношениям:

$$P_{x1} = \left(\frac{V_r}{C_0}\right)^2 \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right) \left(\frac{0,83}{R_x} - \frac{0,14}{R_x^2}\right); \quad (2.9)$$

$$I_{x1} = \left(\frac{V_r}{C_0}\right) \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right) \left(1 - 0,4(\sigma-1)\frac{V_r}{\sigma C_0}\right) \left(\frac{0,06}{R_x} + \frac{0,01}{R_x^2} - \frac{0,025}{R_x^3}\right). \quad (2.10)$$

Последние два выражения справедливы для значений R_x , бóльших величины $R_{кр} = 0,34$, в противном случае вместо R_x в соотношения (2.9) и (2.10) подставляется величина $R_{кр}$.

Далее вычисляются величины P_{x2} и I_{x2} , которые соответствуют режиму детонации и для случая детонации газовой смеси рассчитываются по соотношениям (2.5), (2.6), а для детонации гетерогенной смеси – по соотношениям (2.7), (2.8). Окончательные значения P_x и I_x выбираются из условий:

$$P_x = \min(P_{x1}, P_{x2}); \quad I_x = \min(I_{x1}, I_{x2}). \quad (2.11)$$

После определения безразмерных величин давления и импульса фазы сжатия вычисляются соответствующие им размерные величины:

$$\Delta P = P_x P_0; \quad (2.12)$$

$$I = I_x \left(\frac{P_0^{2/3} E^{2/3}}{C_0}\right). \quad (2.13)$$

Определение дополнительных характеристик взрыва ТВС

Характерный профиль ударной волны при взрыве ТВС показан на рис. 2.1.

Рис. 2.1. Характерный профиль ударной волны.

Ниже показано, как определяются количественные характеристики дополнительных параметров ударной волны.

Параметры падающей волны при детонации облака газовой смеси

Параметры падающей волны при детонации облака газовой смеси рассчитываются по приведенным ниже соотношениям.

Амплитуда фазы сжатия:

$$\ln(\Delta P_+/P_0) = 0,299 - 2,058\ln\lambda + 0,26(\ln\lambda)^2. \quad (2.14)$$

Амплитуда фазы разрежения:

$$\ln(\Delta P_-/P_0) = -1,46 - 1,402\ln\lambda + 0,079(\ln\lambda)^2. \quad (2.15)$$

Длительность фазы сжатия:

$$\ln(10^5\tau_+/E_{1/3}) = 0,106 + 0,448\ln\lambda - 0,026(\ln\lambda)^2. \quad (2.16)$$

Длительность фазы разрежения:

$$\ln(10^5\tau_-/E^{1/3}) = 1,299 + 0,412\ln\lambda - 0,079(\ln\lambda)^2. \quad (2.17)$$

Импульс фазы сжатия:

$$\ln(I_+/E^{1/3}) = -0,843 - 0,932\ln\lambda - 0,037(\ln\lambda)^2. \quad (2.18)$$

Импульс фазы разрежения:

$$\ln(I_-/E^{1/3}) = -0,873 - 1,25\ln\lambda + 0,132(\ln\lambda)^2. \quad (2.19)$$

Форма падающей волны с описанием фаз сжатия и разрежения в наиболее опасном случае детонации газовой смеси может быть описана соотношением:

$$\Delta P(t, \lambda) = \Delta P_+ (\sin(\pi(t - \tau_+)/\tau_-)/\sin(\pi - \tau_+\tau_i/\tau_-))\exp(-K_+t). \quad (2.20)$$

Декремент затухания в падающей волне рассчитывается по соотношению:

$$K_i = 0,889 - 0,356\ln\lambda + 0,105(\ln\lambda)^2.$$

Параметры отраженной ударной волны

Для расчета параметров отраженной волны при ее нормальном падении на преграду используются следующие соотношения. Амплитуда отраженной волны давления:

$$\ln(\Delta P_{r+}/P_0) = 1,264 - 2,056\ln\lambda + 0,211(\ln\lambda)^2. \quad (2.21)$$

Амплитуда отраженной волны разрежения:

$$\ln(\Delta P_{r-} P_0) = -0,673 - 1,043 \ln \lambda + 0,252 (\ln \lambda)^2. \quad (2.22)$$

Длительность отраженной волны давления:

$$\ln(10^5 \tau_{r+} / E^{1/3}) = -0,109 + 0,983 \ln \lambda - 0,23 (\ln \lambda)^2. \quad (2.23)$$

Длительность отраженной волны разрежения:

$$\ln(10^5 \tau_{r-} / E^{1/3}) = 1,265 + 0,857 \ln \lambda - 0,192 (\ln \lambda)^2. \quad (2.24)$$

Импульс отраженной волны давления:

$$\ln(I_{r+} / E^{1/3}) = -0,07 - 1,033 \ln \lambda + 0,045 (\ln \lambda)^2. \quad (2.25)$$

Импульс отраженной волны разрежения:

$$\ln(I_{r-} / E^{1/3}) = -0,052 - 0,462 \ln \lambda - 0,27 (\ln \lambda)^2. \quad (2.26)$$

Общее время действия отраженных волн на мишень:

$$\ln(10^5 (\tau_{r+} + \tau_{r-}) / E^{1/3}) = 1,497 + 0,908 \ln \lambda - 0,404 (\ln \lambda)^2. \quad (2.27)$$

Форма отраженной волны с описанием фаз сжатия и разрежения с хорошей для практических целей точностью может быть описана соотношением:

$$\Delta_r P P \lambda(t, \Delta) = P_{r+} \pi (\sin(\tau(t - r_{r+}) / r_{r+}) / \sin(-\tau_{r+} / r_{r+})) \exp(-K \tau t / r_{r+}). \quad (2.28)$$

Декремент затухания в отраженной волне рассчитывается по соотношению:

$$K_r = 0,978 - 0,554 \ln \lambda + 0,26 (\ln \lambda)^2. \quad (2.29)$$

Соотношения (2.14)-(2.29) справедливы при значениях λ до 51,6.

Параметры волны при произвольном режиме сгорания

Импульсные характеристики падающих и отраженных волн не зависят от скорости взрывного превращения. Интенсивность и длительность действия ударных волн при $\lambda \geq 1$ рассчитываются по соотношениям предыдущего раздела. Возможность таких оценок основана на сравнении опытных данных с фактическими сведениями об авариях.

Оценка поражающего воздействия

При взрывах ТВС существенную роль играют такие поражающие факторы как длительность действия ударной волны и связанный с ней параметр импульс взрыва. Реальное деление плоскости факторов поражения на диаграмме импульс – давление на две части (внутри – область разрушения, вне – область

устойчивости) не имеет четкой границы. При приближении параметров волны к границе опасной области вероятность заданного уровня поражения нарастает от 0 до 100%. При превышении известного уровня величин амплитуды давления и импульса достигается 100% вероятность поражения. Эта типичная особенность диаграмм поражения может быть отражена представлением вероятности достижения того или иного уровня ущерба с помощью пробит-функции – Pr_i .

Оценка вероятности повреждений промышленных зданий от взрыва облака ТВС

Вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, может оцениваться по соотношению:

$$Pr_i = 5 - 0,26 \ln V_1 \quad (2.30)$$

Фактор V_1 рассчитывается с учетом перепада давления в волне и импульса статического давления по соотношению:

$$V_1 = (17500/\Delta P)^{8,4} + (290/I)^{9,3} \quad (2.31)$$

Вероятность разрушений промышленных зданий, при которых здания подлежат сносу, оценивается по соотношению:

$$Pr_2 = 5 - 0,22 \ln V_2. \quad (2.32)$$

В этом случае фактор V_2 рассчитывается по формуле:

$$V_2 = (40\ 000/\Delta P)^{7,4} + (460/I)^{1,3}. \quad (2.33)$$

На рис. 2.2 приведена P-I диаграмма, соответствующая различным значениям поражения зданий ударной волной при взрыве облака ТВС.

Оценка вероятности поражения людей при взрыве облака ТВС

Ниже приводятся соотношения, которые могут быть использованы для расчета уровня вероятности поражения воздушной волной живых организмов (в т.ч. и человека).

Вероятность длительной потери управляемости у людей (состояние нокдауна), попавших в зону действия ударной волны при взрыве облака ТВС, может быть оценена по величине пробит-функции:

$$Pr_3 = 5 - 5,74 \ln V_3. \quad (2.34)$$

Фактор опасности V_3 рассчитывается по соотношению:

$$V_3 = \frac{4,2}{\bar{p}} + \frac{1,3}{\bar{i}} \quad (2.35)$$

Безразмерное давление и безразмерный импульс задаются выражениями:

$$\bar{p} = 1 + \frac{\Delta P}{P_0} \quad \text{и} \quad \bar{i} = (P_0^{1/2} m^{1/3}), \quad (2.36)$$

где m – масса тела живого организма, кг.

Рис. 2.2. Р-І диаграмма для оценки уровня поражения промышленных зданий:

1 – граница минимальных разрушений; 2 – граница значительных повреждений; 3 – разрушение зданий (50-75% стен разрушено).

На рис. 2.3 приведена Р-І диаграмма, соответствующая различным значениям вероятности поражения людей, попавших в зону действия взрыва.

В некоторых источниках сообщается о зависимости вероятности разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне

$$Pr_4 = -12,6 + 1,524 \ln \Delta P. \quad (2.37)$$

Вероятность отброса людей волной давления может оцениваться по величине пробит-функции:

$$Pr_5 = 5 - 2,44 \ln V_5. \quad (2.38)$$

Здесь фактор V_5 рассчитывается из соотношения:

$$V_5 = 7,38 \cdot 10^3 / \Delta P + 1,3 \cdot 10^9 / (\Delta P I). \quad (2.39)$$

Рис. 2.3. Р-І диаграмма для экспресс-оценки поражения людей от взрыва ТВС.

Таблица 2.6

Связь вероятности поражения с пробит-функцией

Р, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50

70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	3,09

Оценка радиусов зон поражения

Для определения радиусов зон поражения предложен следующий метод, который состоит в численном решении уравнения:

$$k/(\Delta P(R) - P^*) = I(R) - I^*, \quad (2.40)$$

причем константы k , P^* , I^* зависят от характера зоны поражения и определяются из табл. 2.7, а функции $P(R)$ и $I(R)$ находятся по соотношениям (2.7)-(2.13) соответственно.

Таблица 2.7

Константы для определения радиусов зон поражения при взрывных ТВС

Характеристика действия ударной волны	I^* , Па·с	P^* , Па	k Па ² ·с
Разрушение зданий			
Полное разрушение зданий	770	70100	886100
Граница области сильным разрушений: 50-75% стен разрушено или находится на грани разрушения	520	34500	541000
Граница области значительных повреждений: повреждение некоторых конструктивных элементов, несущих нагрузку	300	14600	119200
Граница области минимальных повреждений: разрывы некоторых соединений, расчленение конструкций	100	3600	8950
Полное разрушение остекления	0	7000	0
50% разрушение остекления	0	2500	0
10% и более разрушение остекления	0	2000	0
Поражение органов дыхания незащищенных людей			
50% выживание	440	243000	$1,44 \cdot 10^8$

Порог выживания (при меньшем значении смерт. поражения людей маловероятны)	100	65900	$1,62 \cdot 10^7$
--	-----	-------	-------------------

В некоторых источниках предлагается более простая формула для определения радиусов зон поражения, используемая, как правило, для оценки последствий взрывов конденсированных ВВ, но, с известными допущениями, приемлемая и для грубой оценки последствий взрывов ТВС:

$$R = KW^{1/3}/(1 + (3180/W)^2)^{1/6}, \quad (2.41)$$

где коэффициент К определяется согласно табл. 2.8, а W-тротиловый эквивалент взрыва, определяемый из соотношения

$$W = \frac{0,4 M_r q_r}{0,9 \cdot 4,5 \cdot 10}, \quad (2.42)$$

где q_r – теплота сгорания газа.

Таблица 2.8

Уровни разрушения зданий

Категория повреждения	Характеристика повреждения здания	Избыточное давление ΔP , кПа	Коэффициент К
А	Полное разрушение здания	≥ 100	3,8
В	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	70	5,6
С	Средние повреждения, возможно восстановление здания	2В	9,6
Д	Разрушение оконных проемов, легкосбрасываемых конструкций	14	28,0
Е	Частичное разрушение остекления	$\leq 2,0$	56

Для определения радиуса смертельного поражения человека в соотношение (2.41) следует подставлять величину $K=3,8$.

2.6. Задание и исходные данные к практической работе

Цель работы

1. Ознакомление с методиками заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов и оценки последствий аварийных взрывов на потенциально опасных объектах.

2. Приобретение практического навыка работы с методиками, изложенными в официальных нормативных правовых актах в области промышленной безопасности и обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях техногенного характера.

3. Нарботка самостоятельного опыта ведения анализа полученных результатов и умения предлагать профессиональные решения, выводы и предложения по конкретно поставленной задаче.

4. Получение умений в проведении расчетов и математического моделирования взрывоопасной обстановки на объекте в случае аварии.

5. Уметь проводить расчеты параметров и показателей поражающих факторов аварии и определять зоны их действия.

6. Получение навыков в оформлении схем (карт) при нанесении обстановки при аварийном взрыве на потенциально опасном объекте.

Задание.

Провести заблаговременный прогноз и оценку возможной обстановки, сложившейся в результате аварийного взрыва топливно-воздушной смеси на потенциально опасном объекте. Определить массу горючего вещества, содержащегося в облаке; определить эффективный энергозапас ТВС; определить ожидаемый режим взрывного превращения ТВС; рассчитать максимальное избыточное давление и импульс фазы сжатия воздушной ударной волны для различных режимов; определить дополнительные характеристики взрывной нагрузки; оценить поражающее воздействие взрыва ТВС на персонал, здания, сооружения и оборудование. Работу оформить письменно на формате листа А4 с соответствующими выводами и предложениями в зависимости от полученных результатов возможной обстановки.

Необходимые справочные данные и вспомогательные материалы к данной работе приведены в приложении 2 учебного пособия в табл. 1-6.

Индивидуальные задания для выполнения работы (табл. 2.9 и 2.10):

Таблица 2.9

Исходные данные характеристики места аварийного взрыва

№ варианта	Наименование СУГ	Масса СУГ, т	Характеристика пространства*	Количество людей на промплощадке, чел.	Удаление промплощадки от места взрыва, м
1	Кетон	20	1	20	80
2	Акролеин	100	2	20	150
3	Керосин	200	3	25	200
4	Хлорбензол	100	4	22	150
5	Бензол	70	1	25	150
6	Керосин	250	2	20	230
7	Диз.топливо	200	3	26	200
8	Бензол	250	4	20	220
9	Сероводород	20	1	20	100
10	Метиламин	70	2	25	130
11	Гексан	30	3	20	80
12	Бензин	300	4	20	200
13	Ацетальдегид	30	1	20	100
14	Ацетон	40	2	25	100
15	Бутилен	50	3	20	110
16	Сероуглерод	70	4	30	120
17	Пропилен	100	1	35	200
18	Бутилен	150	2	26	180
19	Бутилен	400	1	38	240
20	Акролеин	200	4	40	220
21	Аммиак	200	1	25	280
22	Нитрометан	40	2	15	160
23	Гидразин	100	3	22	180
24	Водород	20	4	20	100
25	Ацетилен	40	1	20	150
26	Пропан	80	3	15	210
27	Бензин	180	2	18	160
28	Бутан	60	3	25	180
29	Гидрозин	50	2	30	100
30	Гексан	50	4	25	150

*Примечание: 1 – наличие труб, полостей и т.д.; 2 – сильно загроможденное пространство; 3 – средне загроможденное пространство; 4 – слабо загроможденное пространство.

Таблица 2.10

Характеристика зданий и распределение персонала по объекту

№ варианта	Удаление зданий от места взрыва, м		Площадь зданий, м ²		Плотность персонала в зданиях, р* 10, чел/м ²	
	промышленные	административные	промышленные	административные	промышленные	административные
1	290	300	100	100	1,0	1,5
2	900	700	200	100	1,0	2,0
3	200	300	90	70	3,0	1,0
4	200	800	250	60	1,2	1,5
5	800	300	50	50	2,0	2,0
6	360	500	40	80	2,5	1,0
7	500	400	120	100	1,0	1,4
8	400	300	150	120	1,2	1,1
9	400	100	200	150	1,1	1,0
10	300	200	400	200	0,8	1,2
11	500	300	200	150	1,4	0,8
12	400	200	500	80	0,7	0,6
13	400	300	200	100	1,0	0,9
14	300	300	300	250	1,3	0,6
15	1000	1200	200	200	1,0	0,8
16	650	500	100	200	1,7	1,6
17	1450	1300	500	300	0,7	0,6
18	1600	300	300	100	1,0	1,3
19	450	500	400	200	0,8	0,7
20	700	1000	150	140	0,6	1,0
21	390	400	130	130	1,0	1,2
22	500	700	150	100	2,0	1,0
23	400	250	100	300	0,9	1,0
24	300	200	150	200	0,8	0,8
25	500	200	120	200	0,2	0,5
26	200	250	550	200	0,4	1,2
27	450	500	400	200	1,0	0,8
28	300	400	300	100	0,8	0,6
29	150	300	600	100	0,6	0,9
30	170	250	800	100	1,0	0,6

Вопросы для самоконтроля

1. Этапы прогнозирования чрезвычайных ситуаций, связанных с аварийным взрывом.
2. В чем заключается сходство и различие взрывов конденсированных взрывчатых веществ, газовоздушных смесей и дисперсных сред?
3. Дайте характеристику основных показателей, используемых при прогнозе аварийных взрывов.
4. Поясните понятия слабая, средняя и сильная степень разрушения зданий.
5. Приведите классификацию аварийных взрывов.
6. Как осуществляется анализа опасности воздействия аварийных взрывов на объекты экономики?
7. Какими условиями определяется режим взрывного превращения?

Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.).
2. Правила промышленной безопасности для взрывопожарных производственных объектов хранения, переработки и использования растительного сырья (ПБ 14-586-03). – Серия 14. – Выпуск 4 / коллектив авт. – М.: Гос. унитарное пред. «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 128 с.
3. Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия. РБ Г-05-039-96: Нормативный документ. – М.: НТЦ ЯРБ Госатомнадзора России, 2000. – 42 с.
4. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-170-97). Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 22.12.97. № 52.5.

5. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (РД 03-409-01): разработана Научно-техническим центром по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России (НТЦ «Промышленная безопасность») совместно со специалистами ИХФ РАН. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. – 23 с.

6. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асе. «Пожнаука», 2004. – Ч. 1. – 713 с; Ч. 2. – 774 с.

7. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М.: Абрис, 2012. – 599 с.

8. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учеб. пособие / В.И. Юртушкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.

Глава 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

3.1. Основные понятия, термины и определения

В пособии приведены основные термины, понятия и определения в соответствии с их изложением в ФЗ «О радиационной безопасности населения», нормах радиационной безопасности (НРБ-99) и основных санитарных правилах обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99).

Радиационная безопасность населения (далее – радиационная безопасность) – состояние защищенности настоящего и будущего поколений от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение – излучение, которое создается при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков.

Естественный радиационный фон – доза излучения, создаваемая космическим излучением и излучением природных радионуклидов, естественно распределенных в земле, воде, воздухе, других элементах биосферы, пищевых продуктах и организме человека.

Техногенно измененный радиационный фон – естественный радиационный фон, измененный в результате деятельности человека.

Эффективная доза – величина воздействия ионизирующего излучения, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения организма человека и отдельных его органов с учетом их радиочувствительности.

Санитарно-защитная зона – территория вокруг источника ионизирующего излучения, на который уровень облучения людей в условиях нормальной эксплуатации данного источника может превысить установленный предел дозы облучения для населения. В санитарно-защитной зоне запрещается постоянное

и временное проживание людей, вводится режим ограничения хозяйственной деятельности и проводится радиационный контроль.

Зона наблюдения – территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Работник – физическое лицо, которое постоянно или временно работает непосредственно с источниками ионизирующих излучений.

Радиационная авария – потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Авария радиационная проектная – авария, для которой проектом определены исходные и конечные состояния радиационной обстановки и предусмотрены системы безопасности.

Активность (А) – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени. Единицей активности является беккерель (Бк).

Использовавшаяся ранее внесистемная единица активности кюри (Ки) составляет $3,7 \times 10^{10}$ Бк.

Активность минимально значимая (МЗА) – активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на использование этих источников, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности.

Активность минимально значимая удельная (МЗУА) – удельная активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов государственной санитарно-эпидемиологической службы на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой активности.

Активность удельная (объемная) – отношение активности A радионуклида в веществе к массе m (объему V) вещества. Единица удельной активности – беккерель на килограмм, Бк/кг. Единица объемной активности – беккерель на метр кубический, Бк/м³.

Активность эквивалентная равновесная объемная (ЭРОА) дочерних продуктов изотопов радона – ^{222}Rn и ^{220}Rn – взвешенная сумма объемных активностей короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона – ^{218}Po (RaA); ^{214}Pb (RaB); ^{214}Bi (RaC); ^{212}Pb (ThB); ^{212}Bi (ThC) соответственно:

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Rn}} = 0,10 A_{\text{RaA}} + 0,52 A_{\text{RaB}} + 0,38 A_{\text{RaC}}$$

$$(\text{ЭРОА})_{\text{Th}} = 0,91 A_{\text{ThB}} + 0,09 A_{\text{ThC}},$$

где A_i – объемные активности дочерних продуктов изотопов радона.

Вещество радиоактивное – вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды с активностью, на которые распространяются требования настоящих правил.

Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучения при расчете эквивалентной дозы (W_R) – используемые в радиационной защите множители поглощенной дозы, учитывающие относительную эффективность различных видов излучения в индуцировании биологических эффектов:

Фотоны любых энергий	1
Электроны и мюоны любых энергий	1
Нейтроны с энергией менее 10 кэВ	5
от 10 кэВ до 100 кэВ	10
от 100 кэВ до 2 МэВ	20
от 2 МэВ до 20 МэВ	10
более 20 МэВ	5
Протоны с энергией более 2 МэВ, кроме протонов отдачи	5
Альфа-частицы, осколки деления, тяжелые ядра	20

Примечание. Все значения относятся к излучению, падающему на тело, а в случае внутреннего облучения – испускаемому при ядерном превращении.

Взвешивающие коэффициенты для тканей и органов при расчете эффективной дозы (W_T) – множители эквивалентной дозы в органах и тканях, используемые в радиационной защите для учета различной чувствительности разных органов и тканей в возникновении стохастических эффектов радиации:

Гонады	0,20
Костный мозг (красный)	0,12
Толстый кишечник	0,12
Легкие	0,12
Желудок	0,12
Мочевой пузырь	0,05
Грудная железа	0,05
Печень	0,05
Пищевод	0,05
Щитовидная железа	0,05
Кожа	0,01
Клетки костных поверхностей	0,01
Остальное	0,05

Примечание. При расчетах учитывать, что «Остальное» включает надпочечники, головной мозг, экстраторакальный отдел органов дыхания, тонкий кишечник, почки, мышечную ткань, поджелудочную железу, селезенку, вилочковую железу и матку. В тех исключительных случаях, когда один из перечисленных органов или тканей получает эквивалентную дозу, превышающую самую большую дозу, полученную любым из двенадцати органов или тканей, для которых определены взвешивающие коэффициенты, следует приписать этому органу или ткани взвешивающий коэффициент, равный 0,025, а оставшимся органам или тканям из рубрики «Остальное» приписать суммарный коэффициент, равный 0,025.

Вмешательство – действие, направленное на снижение вероятности облучения, либо дозы или неблагоприятных последствий облучения.

Группа критическая – группа лиц из населения (не менее 10 человек), однородная по одному или нескольким признакам – полу, возрасту, социальным или профессиональным условиям, месту проживания, рациону питания, которая подвергается наибольшему радиационному воздействию по данному пути облучения от данного источника излучения.

Дезактивация – удаление или снижение радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды.

Доза поглощенная (D) – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу. Энергия может быть усреднена по любому определенному объему, и в этом случае средняя доза будет равна полной энергии, переданной объему, деленной на массу этого объема. В единицах СИ поглощенная доза измеряется в джоулях, деленных на килограмм ($\text{Дж} \times \text{кг}^{-1}$), и имеет специальное название – грей (Гр). Используемая ранее внесистемная единица рад равна 0,01 Гр.

Доза в органе или ткани (D_T) – средняя поглощенная доза в определенном органе или ткани человеческого тела.

Доза эквивалентная ($H_{T,R}$) – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения, W_R :

$$H_{T,R} = W_R \times D_{T,R},$$

где $D_{T,R}$ – средняя поглощенная доза в органе или ткани T ; W_R – взвешивающий коэффициент для излучения R .

Единицей эквивалентной дозы является зиверт (Зв).

Доза эффективная (E) – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Единица эффективной дозы – зиверт (Зв).

Доза эквивалентная ($H_T(\tau)$) или эффективная ($E(\tau)$), ожидаемая при внутреннем облучении – доза за время τ , прошедшее после поступления радиоактивных веществ в организм. Когда τ не определено, то его следует принять равным 50 годам для взрослых и $(70-t_0)$ – для детей.

Доза эффективная (эквивалентная) годовая – сумма эффективной (эквивалентной) дозы внешнего облучения, полученной за календарный год, и ожидаемой эффективной (эквивалентной) дозы внутреннего облучения, обусловленной поступлением в организм радионуклидов за этот же год.

Доза эффективная коллективная – мера коллективного риска возникновения стохастических эффектов облучения; она равна сумме индивидуальных эффективных доз. Единица эффективной коллективной дозы – человеко-зиверт (чел.-Зв).

Доза предотвращаемая – прогнозируемая доза вследствие радиационной аварии, которая может быть предотвращена защитными мероприятиями.

Загрязнение радиоактивное – присутствие радиоактивных веществ на поверхности, внутри материала, в воздухе, в теле человека или в другом месте, в количестве, превышающем уровни, установленные НРБ-99.

Загрязнение поверхности неснимаемое (фиксированное) – радиоактивные вещества, которые не переносятся при контакте на другие предметы и не удаляются при дезактивации.

Загрязнение поверхности снимаемое (нефиксированное) – радиоактивные вещества, которые переносятся при контакте на другие предметы и удаляются при дезактивации.

Заключение санитарно-эпидемиологическое – документ, разрешающий организации в течение установленного времени проводить регламентированные работы с источниками ионизирующего излучения в конкретных помещениях, вне помещений или на транспортных средствах.

Захоронение отходов радиоактивных – безопасное размещение радиоактивных отходов без намерения последующего их извлечения.

Зона наблюдения – территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

Зона радиационной аварии – территория, на которой установлен факт радиационной аварии.

Источник ионизирующего излучения – радиоактивное вещество или устройство, испускающее или способное испускать ионизирующее излучение, на которые распространяется действие НРБ-99.

Источник излучения природный – источник ионизирующего излучения природного происхождения, на который распространяется действие настоящих правил (ОСПОРБ-99).

Источник излучения техногенный – источник ионизирующего излучения специально созданный для его полезного применения или являющийся побочным продуктом этой деятельности.

Источник радионуклидный закрытый – источник излучения, устройство которого исключает поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду в условиях применения и износа, на которые он рассчитан.

Источник радионуклидный открытый – источник излучения, при использовании которого возможно поступление содержащихся в нем радионуклидов в окружающую среду.

Категория объекта радиационного – характеристика объекта по степени потенциальной опасности объекта для населения в условиях возможной аварии.

Квота – часть предела дозы, установленная для ограничения облучения населения от конкретного техногенного источника излучения и пути облучения (внешнее, поступление с водой, пищей и воздухом).

Класс работ – характеристика работ с открытыми источниками ионизирующего излучения по степени потенциальной опасности для персонала, определяющая требования по радиационной безопасности в зависимости от радиотоксичности и активности нуклидов.

Контроль радиационный – получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает дозиметрический и радиометрический контроль).

Место рабочее – место постоянного или временного пребывания персонала для выполнения производственных функций в условиях воздействия ионизирующего излучения в течение более половины рабочего времени или двух часов непрерывно.

Мощность дозы – доза излучения за единицу времени (секунду, минуту, час).

Население – все лица, включая персонал вне работы с источниками ионизирующего излучения.

Облучение – воздействие на человека ионизирующего излучения.

Облучение аварийное – облучение в результате радиационной аварии.

Облучение медицинское – облучение пациентов в результате медицинского обследования или лечения.

Облучение планируемое повышенное – планируемое облучение персонала в дозах, превышающих установленные основные пределы доз, с целью предупреждения развития радиационной аварии или ограничения ее последствий.

Облучение потенциальное – облучение, которое может возникнуть в результате радиационной аварии.

Облучение природное – облучение, которое обусловлено природными источниками излучения.

Облучение производственное – облучение работников от всех техногенных и природных источников ионизирующего излучения в процессе производственной деятельности.

Облучение профессиональное – облучение персонала в процессе его работы с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Облучение техногенное – облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов.

Обращение с отходами радиоактивными – все виды деятельности, связанные со сбором, транспортированием, переработкой, хранением и (или) захоронением радиоактивных отходов.

Объект радиационный – организация, где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения.

Органы государственного надзора за радиационной безопасностью – органы, которые уполномочены Правительством Российской Федерации или ее субъектов осуществлять надзор за радиационной безопасностью.

Отходы радиоактивные – не предназначенные для дальнейшего использования вещества в любом агрегатном состоянии, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные НРБ-99.

Паспорт радиационно-гигиенический организации – документ, характеризующий состояние радиационной безопасности в организации и содержащий рекомендации по ее улучшению.

Паспорт радиационно-гигиенический территории – документ, характеризующий состояние радиационной безопасности населения территории и содержащий рекомендации по ее улучшению.

Персонал – лица, работающие с техногенными источниками излучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б).

Предел дозы (ПД) – величина годовой эффективной или эквивалентной дозы техногенного облучения, которая не должна превышать в условиях

нормальной работы. Соблюдение предела годовой дозы предотвращает возникновение детерминированных эффектов, а вероятность стохастических эффектов сохраняется при этом на приемлемом уровне.

Предел годового поступления (ПГП) – допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Работа с источником ионизирующего излучения – все виды обращения с источником излучения на рабочем месте, включая радиационный контроль.

Работа с радиоактивными веществами – все виды обращения с радиоактивными веществами на рабочем месте, включая радиационный контроль.

Риск радиационный – вероятность возникновения у человека или его потомства какого-либо вредного эффекта в результате облучения.

Уровень вмешательства (УВ) – уровень радиационного фактора, при превышении которого следует проводить определенные защитные мероприятия.

Уровень контрольный – значение контролируемой величины дозы, мощности дозы, радиоактивного загрязнения и т.д., устанавливаемое для оперативного радиационного контроля, с целью закрепления достигнутого уровня радиационной безопасности, обеспечения дальнейшего снижения облучения персонала и населения, радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Устройство (источник), генерирующее ионизирующее излучение – электрофизическое устройство (рентгеновский аппарат, ускоритель, генератор и т.д.), в котором ионизирующее излучение возникает за счет изменения скорости заряженных частиц, их аннигиляции или ядерных реакций.

Эффекты излучения детерминированные – клинически выявляемые вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, в отношении которых предполагается существование порога, ниже которого эффект отсутствует, а выше – тяжесть эффекта зависит от дозы.

Эффекты излучения стохастические – вредные биологические эффекты, вызванные ионизирующим излучением, не имеющие дозового порога воз-

никновения, вероятность возникновения которых пропорциональна дозе и для которых тяжесть проявления не зависит от дозы.

3.2. Общие положения о радиационной безопасности персонала и населения

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности

Радиационная безопасность персонала, населения и окружающей природной среды считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование) и требования радиационной защиты, установленные Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1996, №3, ст.141), НРБ-99 и действующими санитарными правилами СП 2.6.1.799-99.

Контроль за реализацией основных принципов должен осуществляться путем проверки выполнения нижеследующих требований.

Принцип обоснования должен применяться на стадии принятия решения уполномоченными органами при проектировании новых источников излучения и радиационных объектов, выдаче лицензий и утверждении нормативно-технической документации на использование источников излучения, а также при изменении условий их эксплуатации.

В условиях радиационной аварии принцип обоснования относится не к источникам излучения и условиям облучения, а к защитному мероприятию. При этом в качестве величины пользы следует оценивать предотвращенную данным мероприятием дозу. Однако мероприятия, направленные на восстановление контроля над источниками излучения, должны проводиться в обязательном порядке.

Принцип оптимизации предусматривает поддержание на возможно низком и достижимом уровне как индивидуальных (ниже пределов, установленных НРБ-99), так и коллективных доз облучения, с учетом социальных и экономических факторов.

В условиях радиационной аварии, когда вместо пределов доз действуют более высокие уровни вмешательства, принцип оптимизации должен применяться к защитному мероприятию с учетом предотвращаемой дозы облучения и ущерба, связанного с вмешательством.

Принцип нормирования, требующий не превышения установленных федеральным законом «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99 индивидуальных пределов доз и других нормативов радиационной безопасности, должен соблюдаться всеми организациями и лицами, от которых зависит уровень облучения людей.

Государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности осуществляется путем установления санитарных правил, норм, гигиенических нормативов, правил радиационной безопасности, государственных стандартов, строительных норм и правил, правил охраны труда, распорядительных, инструктивных, методических и иных документов по радиационной безопасности. Указанные акты не должны противоречить положениям Федерального закона «О радиационной безопасности населения».

Для контроля за эффективными и эквивалентными дозами облучения, регламентированными НРБ-99, вводится система дополнительных производных нормативов от пределов доз в виде допустимых значений: мощности дозы, годового поступления радионуклидов в организм и других показателей.

Поскольку производные нормативы при техногенном облучении рассчитаны для однофакторного воздействия и каждый из них исчерпывает весь предел дозы, то их использование должно быть основано на условии не превышения единицы суммой отношений всех контролируемых величин к их допустимым значениям.

Для предупреждения использования установленного для населения предела дозы только на один техногенный источник излучения или на ограниченное их количество должны применяться квоты на основные техногенные источники облучения.

Устанавливаются следующие основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения на территории Российской Федерации в результате использования источников ионизирующего излучения (ст. 9 ФЗ-3):

для населения средняя годовая эффективная доза равна 0,001 зиверта или эффективная доза за период жизни (70 лет) – 0,07 зиверта; в отдельные годы допустимы большие значения эффективной дозы при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,001 зиверта;

для работников средняя годовая эффективная доза равна 0,02 зиверта или эффективная доза за период трудовой деятельности (50 лет) – 1 зиверту; допустимо облучение в годовой эффективной дозе до 0,05 зиверта при условии, что средняя годовая эффективная доза, исчисленная за пять последовательных лет, не превысит 0,02 зиверта.

Регламентируемые значения основных пределов доз облучения не включают дозы, создаваемые естественным радиационным и техногенно измененным радиационным фоном, а также дозы, получаемые гражданами (пациентами) при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур и лечения. Указанные значения пределов доз облучения являются исходными при установлении допустимых уровней облучения организма человека и отдельных его органов.

В случае радиационных аварий допускается облучение, превышающее установленные основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз), в течение определенного промежутка времени и в пределах, определенных санитарными нормами и правилами.

Установленные ст. 9 ФЗ «О радиационной безопасности населения» основные гигиенические нормативы (допустимые пределы доз) облучения населения для отдельных территорий могут быть изменены Правительством Российской Федерации в сторону их уменьшения с учетом конкретной санитарно-гигиенической, экологической обстановки, состояния здоровья населения и уровня влияния на человека других факторов окружающей среды.

Правила радиационной безопасности, регламентирующие требования к обеспечению технической безопасности при работах с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения, утверждаются федеральным органом исполнительной власти по атомному надзору в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

Государственные стандарты, строительные нормы и правила, правила охраны труда, распорядительные, инструктивные, методические и иные документы по вопросам радиационной безопасности утверждаются и принимаются уполномоченными на то федеральными органами исполнительной власти или организациями в пределах их полномочий

Оценка состояния радиационной безопасности

Оценка действующей системы обеспечения радиационной безопасности в организации и в каждом регионе должна основываться на следующих основных показателях, предусмотренных ст. 13 Федерального закона «О радиационной безопасности населения»:

характеристика радиоактивного загрязнения окружающей среды;

анализ обеспечения мероприятий по радиационной безопасности и выполнения норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;

вероятность радиационных аварий и их масштаб;

степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий;

анализ доз облучения, получаемых отдельными группами населения от всех источников ионизирующего излучения;

число лиц, подвергшихся облучению выше установленных пределов доз облучения.

Все указанные выше показатели необходимо представить в радиационно-гигиенических паспортах организаций и территорий, характеризующих уровень обеспечения радиационной безопасности работников данной организации или населения территории, которые разработаны и утверждены в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Анализ данных, приведенных в радиационно-гигиенических паспортах организаций и территорий, следует проводить путем сопоставления их с требованиями НРБ-99 и настоящих *правил*, с данными предыдущих лет и с аналогичными показателями других организаций и территорий.

Для оценки состояния радиационной безопасности используется показатель радиационного риска. В наибольшей степени этот риск характеризует суммарная накопленная эффективная доза от всех источников излучения. Значимость каждого источника излучения следует оценивать по его вкладу в суммарную эффективную дозу.

Пути обеспечения радиационной безопасности

Радиационная безопасность на объекте и вокруг него обеспечивается за счет:

- качества проекта радиационного объекта;
- обоснованного выбора района и площадки для размещения радиационного объекта;
- физической защиты источников излучения;
- зонирования территории вокруг наиболее опасных объектов и внутри них;
- условий эксплуатации технологических систем;
- санитарно-эпидемиологической оценки и лицензирования деятельности с источниками излучения;
- санитарно-эпидемиологической оценки изделий и технологий;
- наличия системы радиационного контроля;
- планирования и проведения мероприятий по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при нормальной работе объекта, его реконструкции и выводе из эксплуатации;
- повышения радиационно-гигиенической грамотности персонала и населения.

Радиационная безопасность персонала обеспечивается:

- ограничениями допуска к работе с источниками излучения по возрасту, полу, состоянию здоровья, уровню предыдущего облучения и другим показателям;

знанием и соблюдением правил работы с источниками излучения;
достаточностью защитных барьеров, экранов и расстояния от источников излучения, а также ограничением времени работы с источниками излучения;
созданием условий труда, отвечающих требованиям НРБ-99 и настоящих правил;
применением индивидуальных средств защиты;
соблюдением установленных контрольных уровней;
организацией радиационного контроля;
организацией системы информации о радиационной обстановке;
проведением эффективных мероприятий по защите персонала при планировании повышенного облучения в случае угрозы и возникновении аварии.

Радиационная безопасность населения обеспечивается:

созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям НРБ-99 и настоящих правил;
установлением квот на облучение от разных источников излучения;
организацией радиационного контроля;
эффективностью планирования и проведения мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и в случае радиационной аварии;
организацией системы информации о радиационной обстановке.

При разработке мероприятий по снижению доз облучения персонала и населения следует исходить из следующих основных положений:

индивидуальные дозы должны в первую очередь снижаться там, где они превышают допустимый уровень облучения;

мероприятия по коллективной защите людей в первую очередь должны осуществляться в отношении тех источников излучения, где возможно достичь наибольшего снижения коллективной дозы облучения при минимальных затратах;

снижение доз от каждого источника излучения должно, прежде всего, достигаться за счет уменьшения облучения критических групп для этого источника излучения.

Применение радиоактивных веществ в различных областях хозяйства путем их введения в вырабатываемую продукцию (независимо от физического состояния продукции) разрешается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения, выдаваемого федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Общие требования к контролю за радиационной безопасностью

Радиационный контроль охватывает все основные виды воздействия ионизирующего излучения на человека, перечисленные в п. 1.3 НРБ-99.

Целью радиационного контроля является получение информации об индивидуальных и коллективных дозах облучения персонала, пациентов и населения при всех условиях жизнедеятельности человека, а также сведений о всех регламентируемых величинах, характеризующих радиационную обстановку.

Объектами радиационного контроля являются:

персонал групп А и Б при воздействии на них ионизирующего излучения в производственных условиях;

пациенты при выполнении медицинских рентгенорадиологических процедур;

население при воздействии на него природных и техногенных источников излучения;

среда обитания человека.

Контроль за радиационной безопасностью в организации, где планируется обращение с источниками излучения, разрабатывается на стадии проектирования. В разделе «Радиационный контроль» определяются виды и объем радиометрического и дозиметрического контроля, перечень необходимых радиометрических и дозиметрических приборов, вспомогательного оборудования, размещение стационарных приборов и точек постоянного и периодического контроля, состав необходимых помещений, а также штат работников, осуществляющих радиационный контроль. На проект необходимо иметь санитарно-эпидемиологическое заключение органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Контроль за радиационной безопасностью, определенный проектом, уточняется в зависимости от конкретной радиационной обстановки в данной организации и на прилегающей территории и согласовывается с органами госсанэпиднадзора.

В организации, в зависимости от объема и характера работ, производственный контроль за радиационной безопасностью осуществляется специальной службой или лицом, ответственным за радиационную безопасность, прошедшим специальную подготовку.

Производственный контроль за радиационной безопасностью в организации, где происходит облучение работников природными источниками излучения в дозе более 1 мЗв в год, также осуществляется специальной службой или лицом, ответственным за радиационную безопасность.

Порядок проведения производственного контроля за радиационной безопасностью специальной службой (или лицом, ответственным за радиационную безопасность), определяющий ее задачи с учетом особенностей и условий, выполняемых ею работ, согласовывается с органами государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Радиационный контроль организаций и территорий предусматривает проведение контроля и учета индивидуальных доз облучения работников (персонала) и населения. Регистрация доз облучения персонала и населения должна проводиться в соответствии с единой государственной системой контроля и учета доз облучения.

Средства измерений должны применяться по назначению и периодически проходить поверку, калибровку и сличение в установленном порядке.

Анализ результатов производственного контроля за радиационной безопасностью осуществляется в каждой организации и результаты оценки ежегодно заносятся в радиационно-гигиенические паспорта организаций, территорий.

Данные контроля за радиационной безопасностью используются для оценки радиационной обстановки, установления контрольных уровней, разра-

ботки мероприятий по снижению доз облучения и оценки их эффективности, ведения радиационно-гигиенических паспортов организаций и территорий.

Для лиц, у которых накопленная доза от одного из основных видов облучения (по п. 1.3 НРБ-99) превышает 0,5 Зв, должна, по возможности, проводиться реконструкция (восстановление) доз от остальных видов облучения.

3.3. Средства радиационной разведки и дозиметрического контроля

Методы обнаружения и измерения радиоактивных излучений

Обнаружение радиоактивных излучений основывается на эффектах, которые проявляются при взаимодействии излучений со средой. В дозиметрических приборах гражданской обороны используются следующие методы обнаружения и измерения радиоактивных излучений:

ИОНИЗАЦИОННЫЙ, при котором под воздействием радиоактивных излучений ионизируется газовая среда или кристаллы полупроводников и диэлектриков, в результате чего изменяется их электропроводность;

РАДИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ, при котором под воздействием радиоактивных излучений в некоторых веществах образуются вспышки света (сцинтилляция) или накапливается поглощенная энергия, которая освобождается при дополнительном возбуждении нагревом (радиотермолюминесценция) либо освещением определенным участком спектра света (радиофотолюминесценция). Наблюдаемые при этом оптические эффекты служат мерой поглощенной энергии;

ХИМИЧЕСКИЙ, при котором в некоторых веществах под воздействием ионизирующих излучений протекает химическая реакция, сопровождающаяся изменением окраски (степени окраски) или цвета. Данный метод используют при регистрации значительных уровней радиации.

Явления, вызванные радиоактивным излучением, в указанных методах количественно связаны с интенсивностью излучения. Такая связь позволяет определять не только наличие радиоактивного излучения, но и его количествен-

ную характеристику. Количественная оценка эффекта воздействия ионизирующих излучений определяется их поглощенной энергией.

Устройство, предназначенное для преобразования поглощенной энергии ионизирующих излучений в другой вид энергии, удобный для регистрации и измерения, называется ДЕТЕКТОРОМ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ (от лат. detector – открыватель или detectio – обнаружение, детектирование).

Детекторы ионизирующих излучений, используемые в современных дозиметрических приборах гражданской обороны, в зависимости от характера процессов преобразования энергии излучений подразделяются на ионизационные, радиофотолюминесцентные и химические.

ИОНИЗАЦИОННЫЕ ДЕТЕКТОРЫ используются для измерения и мощности дозы гамма-излучения.

Принцип работы ионизационных детекторов заключается в следующем.

Представим себе замкнутый объем, в котором находятся две пластины – электроды, разделенные воздушной или газовой средой из электрически нейтральных молекул (атомов), участвующих в непрерывном хаотическом (тепловом) движении.

При воздействии гамма-излучений на газовую среду молекулы (атомы) среды ионизируются (первичная ионизация), в результате чего образуются положительные ионы и свободные электроны, находящиеся также в хаотическом движении.

Наряду с ионизацией газа происходит и обратный процесс – встречающиеся положительные ионы и электроны, сталкиваясь между собой, снова образуют нейтральные молекулы (атомы). Этот процесс называется *рекомбинацией*.

Если к пластинам приложить разность потенциалов, то на положительные ионы и свободные электроны будут действовать силы электрического поля, в результате чего возникает их упорядоченное движение: положительные ионы устремляются к отрицательному электроду (< катоду), а свободные электроны – к положительному электроду (аноду). Это движение разноименных зарядов в

противоположных направлениях и представляет собой ионизационный ток, который может быть измерен, а следовательно, измерено и радиоактивное излучение.

Величина ионизационного тока при постоянной интенсивности гамма-излучения I_γ зависит от напряжения, приложенного к электродам воспринимающего устройства. Эта зависимость называется вольтамперной характеристикой, которая разбивается на три характерных участка: область усиленной рекомбинации, область насыщения и область ударной ионизации.

На участке от 0 до U_1 , когда напряжение на электродах детектора еще мало, все первичные ионы и свободные электроны, образованные в результате воздействия ионизирующего излучения, достигают электродов. Большинство из них рекомбинируют. В области усиленной рекомбинации величина ионизационного тока пропорциональна средней скорости ионов и числу их в единице объема.

В свою очередь средняя скорость ионов прямо пропорциональна величине напряжения, приложенного к электродам. Число же ионов в единице объема от напряжения не зависит, а зависит только от интенсивности ионизирующего излучения. Если интенсивность постоянна, то постоянно и количество пар – положительных ионов и свободных электронов. Отсюда следует, что количество ионов в единице объема прямо пропорционально интенсивности излучения.

Таким образом, при постоянной интенсивности излучения величина ионизационного тока прямо пропорциональна величине напряжения, приложенного к электродам, и обратно пропорциональна сопротивлению газовой среды (в газах сопротивление движению ионов, так же как и их количество, не зависит от напряжения). Поэтому в рассматриваемой области соблюдается закон Ома.

В дозиметрических приборах применяются ионизационные детекторы, работающие в областях насыщения и ударной ионизации. Детекторы, работающие в области насыщения, называются ИОНИЗАЦИОННЫМИ КАМЕРАМИ, а в области ударной ионизации – ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ СЧЕТЧИКАМИ.

На рис. 3.1 показано устройство ионизационной камеры.

Рис. 3.1. Устройство ионизационной камеры:
1 – корпус; 2 – алюминиевый стержень; 3 – изолятор.

Камера представляет собой алюминиевый цилиндр, являющийся положительным электродом. Роль отрицательного электрода выполняет алюминиевый стержень, размещенный по оси цилиндра и закрепленный на изоляторе. Камера заполнена воздухом при нормальном давлении, рабочее напряжение 100-200 В.

Если на ионизационную камеру воздействует уровень радиации P , то в каждом кубическом сантиметре ее газовой среды за 1 с образуется N_0 пар положительный ион – свободный электрон, а в объеме V создается $N_0 V$ таких пар. Так как величина заряда иона и электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кулона, а общий заряд одного знака, возникающий в камере за 1 с, равен $e N_0 V$, то в режиме насыщения величина ионизационного тока равна:

$$I_{нас} = e N_0 V.$$

Поскольку при уровне радиации 1 р/ч в 1 см³ воздуха в течение 1 ч создается 2,083·10 пар ион-электрон, то за 1 с их число (N) будет равно $(2,083 \cdot 10^9)/3600$, а при уровне радиации P

$$N = (2,083 \cdot 10^{-9} \cdot P)/3600.$$

Следовательно,

$$I_{нас} = (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,083 \cdot 10^{-9} P \cdot V)/3600 = 9,27 \cdot 10^{-14} \cdot P \cdot V.$$

Отсюда видно, что в режиме насыщения ионизационный ток пропорционален уровню радиации (мощности дозы). Поэтому измерение мощности дозы может быть сведено к измерению ионизационного тока.

Ионизационные камеры могут использоваться также и для измерения доз облучения.

Если камеру, обладающую емкостью C , подключить к источнику питания напряжением U_1 , то она получит заряд $Q_1 = C \cdot U_1$. При отсутствии ионизирующего облучения заряд и напряжение камеры сохраняются неизменными.

При воздействии на камеру ионизирующих излучений образующиеся в ее рабочем объеме положительные ионы и электроны притягиваются соответ-

венно к отрицательно и положительно заряженным электродам камеры и нейтрализуют заряд на них. Заряд на камере уменьшается до величины Q_2 , а напряжение – до U_2 .

Изменение заряда на камере $\Delta Q = Q_1 - Q_2$ прямо пропорционально числу образованных в камере пар положительный ион-электрон N и заряду каждого иона e , т. е. $\Delta Q = Ne$. При дозе 1 Р в 1 см объема камеры образуется $2,083 \cdot 10^9$ пар ион-электрон, а в объеме V при воздействии дозы D их образуется

$$N = 2,083 \cdot 10^9 \cdot V \cdot D.$$

$$\text{Следовательно, } \Delta Q = 2,083 \cdot 10^9 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot V \cdot D / C = 3,33 \cdot 10^{-10} \cdot V \cdot D.$$

Этому изменению заряда на камере соответствует уменьшение напряжения

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \Delta Q / C = 3,33 \cdot 10^{-10} \cdot V \cdot D / C.$$

Таким образом, уменьшение заряда и напряжения на электродах камеры при ее облучении прямо пропорционально дозе излучения, если U_1 и U_2 камеры находятся в пределах области насыщения для всех воздействующих на камеру уровней радиации. Следовательно, измерение дозы с помощью ионизационной камеры можно осуществить по изменению ее заряда или напряжения.

На основе ионизационной камеры разработан малогабаритный малой массы измеритель дозы, применяемый для индивидуального контроля облучения.

Рассмотрим теперь работу газоразрядного счетчика. Устройство газоразрядного счетчика показано на рис. 3.2.

Рис. 3.2. Газоразрядный счетчик (разрез):

1 – металлический цилиндр – отрицательный электрод; 2 – тонкая металлическая нить – положительный электрод; 3 – газовая среда – смесь инертных газов с галогенами при пониженном давлении; 4 – изоляторы; 5 – выводные контакты.

При воздействии ионизирующих излучений газовая среда счетчика ионизируется. Образовавшиеся первичные электроны движутся под действием электрического поля к положительному электроду (аноду) и после приобретения достаточной энергии производят вторичную (ударную) ионизацию газовой среды. В результате каждого акта ударной ионизации образуется новая электрон-

но-ионная пара. Образовавшиеся электроны также приобретают энергию, достаточную для ионизации ударом. Таким образом, возникает электронная лавина. Скорость движения электронов к аноду на два порядка больше скорости движения положительных ионов к катоду. Поэтому за время движения электронов к аноду положительные ионы практически не изменяют своего положения, образуя вокруг анода «чехол».

Достигшие анода электроны нейтрализуют часть положительного заряда на нем и уменьшают напряженность электрического поля. Это продолжается до тех пор, пока напряженность электрического поля не понизится до величины, при которой ударная ионизация становится невозможной. После ее прекращения «чехол» малоподвижных положительных ионов перемещается под действием электрического поля к катоду, а напряжение на электродах снижается. В результате на счетчике формируется отрицательный импульс, который можно регистрировать.

По мере поступления от источника питания электрического тока восстанавливается напряженность электрического поля. Когда напряженность становится выше критической, счетчик способен регистрировать вновь ионизирующее излучение.

Так как между скоростью счета импульсов и мощностью дозы излучения существует пропорциональная зависимость, то газоразрядные счетчики используются в качестве детекторов для измерения мощности дозы.

Газоразрядные счетчики также могут быть использованы для измерения степени заражения объектов. В основу этого положена пропорциональная зависимость между количеством импульсов N , возникших в единицу времени, и активностью A источника излучения: $N = \eta A$, где η – коэффициент, показывающий, какая доля из общего числа распадов, происходящих в источнике излучения в единицу времени, регистрируется счетчиком.

Газоразрядные счетчики, выдавая импульсы с большой амплитудой, позволяют применять сравнительно простую электрическую схему для их регистрации. Последнее обстоятельство очень важно для переносных дозиметрических приборов.

РАДИОФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ (РФЛ) ДЕТЕКТОРЫ используются для измерения доз различных видов излучений. В качестве РФЛ детекторов наибольшее применение получили алюмофосфатные стекла, активированные серебром.

Ионизирующие излучения, взаимодействуя с РФЛ детектором, создают в нем центры люминесценции, которые образуют полосы поглощения в ближнем спектре ультрафиолетовой части света. Возбуждение центров люминесценции ультрафиолетовым светом в пределах этих полос вызывает видимую оранжевую люминесценцию, интенсивность которой пропорциональна поглощенной дозе излучений. При этом центры люминесценции практически не разрушаются, что позволяет проводить измерения многократно. Интенсивность люминесценции (доза облучения) измеряется специальным устройством.

Достоинствами РФЛ детекторов являются миниатюрность, широкий диапазон измерений (до нескольких тысяч рад.), чувствительность к разным видам ионизирующих излучений, длительность сохранения информации (до 12 месяцев и более).

ХИМИЧЕСКИЕ ДЕТЕКТОРЫ используются для измерения доз различных видов излучений. Они представляют собой стеклянные ампулы, заполненные водными растворами (или гелями) различных веществ, которые изменяют свою окраску в результате окислительных и восстановительных реакций при воздействии ионизирующих излучений.

В основе использования химических детекторов для измерения доз облучения лежит пропорциональная зависимость между дозой облучения и количественным выходом продуктов реакции.

Поскольку образовавшиеся продукты реакции придают раствору окраску, а интенсивность окраски характеризует количественный выход продуктов реакции, то по интенсивности окраски можно судить о дозе облучения.

Для измерения выходных параметров детекторов ионизирующих излучений применяются электронные усилительные схемы с регистрирующими устройствами на выходе или специальные измерительные устройства для съема выходных параметров РФЛ и химических детекторов. Электронные усилитель-

ные схемы в зависимости от типа детектора и вида измеряемой величины подразделяются на измерители заряда и измерители средней частоты импульсов.

Измерители заряда (электрометры) служат для измерения малых зарядов емкости ионизационных камер. Они могут использоваться для измерения дозы излучений.

Измерители средней частоты импульсов предназначены для определения среднего числа импульсов в единицу времени, поступающих на их вход, и используются в измерителях мощности дозы. В простейших измерителях определение мощности дозы может осуществляться без усиления входных импульсов. В качестве регистрирующего устройства применяются электроизмерительные приборы (микроамперметры).

Электрическое питание осуществляется, как правило, от сухих элементов или аккумуляторов. Для получения высокого напряжения используются преобразователи напряжений на транзисторах, преобразующие низкое постоянное напряжение источников питания в высокое постоянное напряжение. В качестве источников питания высокого напряжения малой мощности могут применяться пьезоэлементы.

Назначение и классификация дозиметрических приборов

Для выявления фактической радиационной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения в условиях мирного и военного времени применяются войсковые дозиметрические приборы, предназначенные для решения следующих задач:

обнаружения радиоактивного заражения в целях оповещения о нем населения, личного состава формирований гражданской обороны, а также воинских частей для своевременного принятия мер защиты;

измерения мощности дозы в районах нахождения населения, формирований и войск, на маршрутах движения для оценки влияния радиоактивного заражения на их действия и принятия мер защиты;

измерения степени зараженности населения, личного состава формирований и воинских частей, техники, продуктов питания и воды для определения

необходимости и полноты дезактивации, а также для определения возможности и норм потребления зараженных продуктов питания;

измерения доз облучения для определения жизнедеятельности населения, боеспособности формирования гражданской обороны и воинских частей в радиационном отношении, а также для сортировки раненых и пораженных.

Классификация дозиметрических приборов в зависимости от их назначения приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Классификация дозиметрических приборов

Назначение	Наименование	Тип прибора
Приборы радиационного наблюдения	Индикаторы радиоактивности	ДП-63А, ДП-64
Приборы радиационной разведки	Измерители мощности дозы	ДП-5А, Б, В, ИМД-21
Приборы контроля радиоактивного заражения	То же	ДП-5Б, В
Приборы контроля облучения	Войсковые измерители дозы	ДП-22В, ДП-24, ИД-1
	Индивидуальные измерители дозы	ДП-70, ИД-11

Войсковые дозиметрические приборы работоспособны в интервале температур от минус 40°С до плюс 50°С при относительной влажности до 98%.

Измерители мощности дозы ДП-5А, Б, В предназначены для измерения мощности дозы гамма-излучения на местности и радиоактивной зараженности различных предметов по гамма-излучению, а также для обнаружения бета-излучения. Измерение производится в той точке пространства, в которой помещен блок детектирования.

Диапазон измерения от 0,05 мР/ч до 200 Р/ч разбит на шесть поддиапазонов:

первый – от 5 до 200 Р/ч (шкала прибора 0 – 200);

второй – от 500 до 5000 мР/ч (шкала прибора 0 – 5);

третий - от 50 до 500 мР/ч (шкала прибора 0 – 5);

четвертый – от 5 до 50 мР/ч (шкала прибора 0 – 5);

пятый – от 0,5 до 5 мР/ч (шкала прибора 0 – 5);

шестой – от 0,05 до 0,5 мР/ч (шкала прибора 0 – 5).

Отсчет показаний на первом поддиапазоне производится непосредственно по шкале 0 – 200, на втором – шестом поддиапазонах по шкале 0 – 5 с последующим умножением на соответствующий коэффициент поддиапазона. Погрешность прибора не превышает $\pm 30\%$ от измеряемой величины.

Зонд (блок детектирования) приборов герметичен и допускает погружение в воду на глубину до 50 см. Приборы имеют звуковую индикацию на всех поддиапазонах, кроме первого.

Питание приборов осуществляется от трех элементов типа КБ-1, которые обеспечивают непрерывную работу в нормальных условиях в течение не менее 40 ч. для ДП-5А, Б и 55 ч для ДП-5В. Приборы могут подключаться к внешним источникам постоянного тока напряжением 3; 6; 12 В-ДП-5А, Б и 12 или 24 В-ДП-5В, имея для этой цели колодку питания и делитель напряжения с кабелем длиной 10 м.

Устройство приборов ДП-5А, Б, В. В комплект приборов входят: собственно прибор, футляр с ремнями; удлинительная штанга; колодка питания к ДП-5А, Б, для ДП-5В – колодка питания с делителем напряжения; комплект эксплуатационной документации и запасного имущества; головной телефон и укладочный ящик.

Прибор состоит из измерительного пульта, зонда в ДП-5А, Б или блока детектирования в ДП-5В, соединенных между собой гибким кабелем, контрольного стронциево-иттриевого источника бета-излучений для проверки работоспособности прибора (с внутренней стороны крышки футляра у ДП-5А, Б и в поворотном экране блока детектирования ДП-5В). На панели измерительными шкалами, переключатель поддиапазонов, ручка «Режим» в ДП-5А, Б, кнопка сброса показаний «Сброс», тумблер подсвета шкалы, винт для доступа к корректору нуля микроамперметра (в ДП-5А, Б), гнездо подключения телефонов.

Снизу корпус пульта имеет отсек для размещения источников питания. При отсутствии элементов питания сюда может быть подключена колодка питания от источников постоянного тока.

Воспринимающими устройствами приборов являются газоразрядные счетчики, установленные: в приборе ДП-5А, Б – один (СИЗБГ) в измерительном пульте и два (СИЗБГ и СТС-5) в зонде; в приборе ДП-5В – два (СБМ-20 и СИЗБГ) в блоке детектирования.

Зонд и блок детектирования представляют собой стальной цилиндрический корпус с окном для индикации бета-излучения, заклеенным этилцеллюлозной водостойкой пленкой, через которую проникают бета-частицы. На корпус надет металлический поворотный экран, который фиксируется в двух положениях («Г» и «Б») на зонде и в трех положениях («Г», «Б» и «К») на блоке детектирования. В положении «Г» окно корпуса закрывается экраном, и счетчик могут проникать только гамма-излучения. При повороте экрана в положение «Б» окно корпуса открывается, и бета-частицы проникают к счетчику. В положении «К» контрольный источник бета-излучения, который укреплен в углублении на экране блока детектирования, устанавливается против окна и в этом положении проверяется работоспособность прибора ДП-5В.

На корпусах зонда и блока детектирования имеются по два выступа, с помощью которых они устанавливаются на обследуемые поверхности при индикации бета-зараженности. Внутри корпуса находится плата, на которой смонтированы газоразрядные счетчики, усилитель-нормализатор и электрическая схема.

Футляр прибора состоит: ДП-5А, Б – из двух отсеков (для установки пульта и зонда); ДП-5В – из трех отсеков (для размещения пульта, блока детектирования и запасных элементов питания). В крышке футляра имеются окна для наблюдения за показаниями прибора. Для ношения прибора к футляру присоединяются два ремня.

Головной телефон состоит из двух малогабаритных телефонов типа ТГ-7 м и оголовья из мягкого материала. Он подключается к измерительному

пульту и фиксирует наличие радиоактивных излучений: чем выше мощность излучения, тем чаще звуковые щелчки.

Из запасных частей в комплект прибора входят чехлы для зонда, колпачки, лампочки накаливания, отвертка, винты.

Подготовка прибора к работе проводится в следующем порядке:

извлечь прибор из укладочного ящика, открыть крышку футляра, провести внешний осмотр, пристегнуть к футляру поясной и плечевой ремни;

вынуть зонд или блок детектирования; присоединить ручку к зонду, а к блоку детектирования – штангу (используемую как ручку);

установить корректором (под винтом на пульте) стрелку измерительного прибора в нулевое положение (при необходимости);

подключить источники питания (при питании прибора от посторонних источников постоянного тока 3; 6 или 12 В пользуются колодкой питания, предварительно устанавливая две перемычки на нужное положение);

включить прибор, поставив ручки переключателей поддиапазонов в положение: «Реж.» ДП-5А, Б и «▲» (контроль режима) ДП-5В (стрелка прибора должна установиться в режимном секторе); в ДП-5А, Б с помощью ручки «Режим» стрелку прибора установить в режимном секторе на метку «▼». Если стрелки микроамперметров не входят в режимные сектора, необходимо заменить источники питания.

Проверку работоспособности приборов проводят на всех поддиапазонах, кроме первого («200»), с помощью контрольных источников, для чего экраны зонда и блока детектирования устанавливают в положениях «Б» и «К» соответственно и подключают телефоны. В приборе ДП-5А, Б открывают контрольный бета-источник, устанавливают зонд опорными выступами на крышку футляра так, чтобы источник находился против открытого окна зонда. Затем, переводя последовательно переключатель поддиапазонов в положения «^X1000», «^X100», «^X10» «^X1» и «^X0,1», наблюдают за показаниями микроамперметров и прослушивают щелчки в телефонах. Стрелки микроамперметров должны зашкаливать

на VI и V поддиапазонах, отклоняться на IV, а на III и II могут не отклоняться из-за недостаточной активности контрольных бета-источников.

После этого ручки переключателей поставить в положение «Выкл.» ДП-5А, Б и «▲» – ДП-5В; нажать кнопки «Сброс»; повернуть экраны в положение «Г». Приборы готовы к работе.

Радиационную разведку местности с уровнями радиации 0,5-5 Р/ч производят на втором поддиапазоне (зонд и блок детектирования с экраном в положении «Г» остаются в кожухах приборов), а свыше 5 Р/ч – на первом поддиапазоне. При измерении прибор должен находиться на высоте 0,7-1 м от поверхности земли.

Степень радиоактивного заражения кожных покровов людей, их одежды, сельскохозяйственных животных, техники, оборудования, транспорта и т. п. определяется в такой последовательности.

Измеряют гамма-фон в месте, где будет определяться степень заражения объекта, но не ближе 15-20 м от обследуемого объекта (экран зонда и блока детектирования находится в положении «Г»). Затем зонд (блок детектирования) упорами вперед подносят к поверхности объекта на расстояние 1,5-2 см и медленно перемешают над поверхностью объекта. Из максимальной мощности экспозиционной дозы, измеренной на поверхности объекта, вычитают гамма-фон. Результат будет характеризовать степень радиоактивного заражения объекта.

Для определения наличия наведенной активности техники, подвергшейся воздействию нейтронного излучения, производят два измерения – снаружи и внутри техники. Если результаты измерений близки между собой, это означает, что техника имеет наведенную активность.

Для обнаружения бета-излучений необходимо установить экран зонда (блока детектирования) в положение «Б», зонд (блок детектирования) поднести к обследуемой поверхности на расстояние 1,5-2 см. Ручку переключателя поддиапазонов последовательно переключать в положения «^X0,1», «^X1», «^X10» до получения отклонения стрелки микроамперметра в пределах шкалы. Отметить показания. Затем экран зонда (блока детектирования) перевести в положение

«Г». Уменьшение показаний прибора на одном и том же поддиапазоне по сравнению с бета-измерением показывает наличие бета-излучения.

Если надо выяснить, с какой стороны заражена поверхность брезентовых тентов, стен и перегородок сооружений и других прозрачных для гамма-излучения объектов, то производят по два измерения в положении экрана зонда (блока детектирования) «Б» и «Г». Поверхность заражена с той стороны, с которой показания прибора в положении «Б» зонда (блока детектирования) заметно выше.

При определении степени радиоактивного заражения воды отбирают две пробы общим объемом 1.5-10 л. Одну пробу из верхнего слоя водоисточника, другую – с придонного слоя. Измерения производят зондом (блоком детектирования) в положении «Б», располагая его на расстоянии 0,5-1 см от поверхности воды.

Комплект измерителей дозы ДП-22В предназначен для измерения доз гамма-облучения, получаемых людьми при работе на зараженной радиоактивными веществами местности или при работе с открытыми и закрытыми источниками ионизирующих излучений. Он состоит из 50 индивидуальных дозиметров карманных прямопоказывающих типа ДКП-50-А и зарядного устройства ЗД-5.

Индивидуальный дозиметр ДКП-50-А обеспечивает измерение доз облучения в диапазоне от 2 до 50 Р при мощности дозы до 200 Р/ч. Отсчет измеряемых доз производится по шкале, проградуированной в рентгенах. Саморазряд измерителя дозы не превышает двух делений за сутки. Погрешность измерения дозы при температуре +20° и относительной влажности 98% не превышает ±10% максимального значения шкалы. Питание зарядного устройства осуществляется от двух элементов 1.6 ПМЦ-У-8, которые обеспечивают непрерывную работу устройства не менее 30ч.

Зарядное устройство ЗД-5 предназначено для зарядки трубчатого конденсатора ДКП-50-А. В корпусе ЗД-5 размещены: преобразователь напряжения, выпрямитель высокого напряжения, потенциометр – регулятор напряжения, лампочка для подсвета зарядного гнезда, микровыключатель и элементы пита-

ния. Напряжение на выходе зарядного устройства плавно регулируется в пределах от 180 до 250 В. Ручка потенциометра и зарядное гнездо находятся на верхней панели ЗД-5.

Принцип действия дозиметра подобен действию простейшего электроскопа. В процессе зарядки конденсатора визирная нить электроскопа 5 отклоняется от U-образного колена центрального электрода 4 под влиянием сил электростатического отталкивания. Отклонение нити зависит от приложенного напряжения, которое при зарядке регулируют и подбирают так, чтобы изображение визирной нити совместилось с нулем шкалы отсчетного устройства.

При воздействии гамма-излучения на заряженный дозиметр в рабочем объеме ионизационной камеры возникает ионизационный ток, уменьшающий первоначальный заряд конденсатора и камеры, а следовательно, и потенциал центрального электрода. Изменение потенциала, измеряемого электроскопом, пропорционально экспозиционной дозе гамма-излучения. Изменение потенциала центрального электрода приводит к уменьшению сил электростатического отталкивания между визирной нитью и (U-образным коленом). В результате визирная нить сближается с U-коленом, а изображение ее перемещается по шкале отсчетного устройства. Держа дозиметр против света и наблюдая через окуляр за нитью, можно в любой момент произвести отсчет полученной экспозиционной дозы излучения.

Зарядка дозиметра ДКП-50-А производится перед выходом на работу в район радиоактивного заражения (действия гамма-излучения) в следующем порядке:

отвинтить защитную пробку ДКП-50-А и защитный колпачок зарядного гнезда ЗД-5;

ручку потенциометра ЗЛ-5 повернуть влево до отказа;

дозиметр вставить в зарядное гнездо ЗД-5, при этом включаются подсветка зарядного гнезда и высокое напряжение;

наблюдая в окуляр, слегка нажать на дозиметр и, поворачивая ручку потенциометра вправо, установить нить на «О» шкалы, после чего вынуть дозиметр из зарядного гнезда;

проверить положение нити на свет: ее изображение должно быть на отметке «О», затем завернуть защитную пробку дозиметра и колпачок зарядного гнезда.

3.4. Организация жизнедеятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению

Зона отчуждения

В зоне отчуждения разрешается осуществлять:

научно-исследовательские, опытные и необходимые для их обеспечения строительно-монтажные работы по обоснованию прогнозов отдаленных последствий экстремальных радиационных ситуаций, отработке методов и технологий дезактивации, реабилитации территорий, а также дезактивацию и рекультивацию объектов природной среды с целью постепенного возврата этих объектов в хозяйственный оборот;

работы, связанные с захоронением радиоактивно загрязненных материалов и конструкций строений;

мероприятия по обеспечению государственной безопасности, охраны общественного порядка и пожарной охраны, физической защиты радиационно-опасных объектов, санитарно-эпидемиологического надзора, скорой медицинской помощи.

Другие виды деятельности запрещаются.

Запрещается постоянное проживание населения в зоне отчуждения. Нахождение людей в зоне контролируется по времени и полученным дозовым нагрузкам.

Условия труда и радиационной безопасности регулируются соответствующими нормами и правилами, установленными Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора с учетом рекомендаций Российской научной комиссии по радиационной защите.

Территория зоны обозначается специальными запрещающими знаками. На территории зоны отчуждения вводится специальный режим природопользования.

Запрещаются:

все виды лесопользования, заготовка сена, дикорастущих плодов, ягод, грибов, лекарственного и технологического сырья, охота, рыбная ловля;

прогон и выпас домашних животных;

добыча и переработка всех видов полезных ископаемых;

проведение любых видов работ, связанных с нарушением почвенного покрова, без специального.

Зона отселения

Режим проживания.

На территориях зоны, где среднегодовая эффективная доза облучения населения от радиоактивных выпадений может превысить 5мЗв население подлежит обязательному отселению.

Возобновление заселения указанных территорий производится после снижения на них плотности загрязнения почв радионуклидами и уровня радиационного облучения до значений, не требующих ограничений в жизнедеятельности людей, в соответствии с решением Правительства Российской Федерации по представлениям органов местной администрации, согласованным с Минздравом России.

На участках территории зоны, где среднегодовая эффективная доза облучения населения не превышает 5мЗв, граждане самостоятельно принимают решение о дальнейшем проживании или переселении на другое место жительства на основании представляемой им органами местной администрации объективной информации о радиационной обстановке, дозах облучения и возможных последствиях для здоровья.

Для проживающих на территории зоны отселения нормы потребления и качество продуктов питания местного производства и личных подсобных хозяйств регламентируются нормативными документами, утвержденными Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора.

Защитные мероприятия, направленные на снижение уровней облучения населения ионизирующим излучением, и регулярный обязательный медицинский контроль за состоянием здоровья людей осуществляются в соответствии с

государственной программой по защите населения Российской Федерации от воздействия ионизирующего излучения.

Состав и объем мероприятий по медицинской защите населения и обеспечению допустимых уровней радиоактивного загрязнения продуктов питания местного производства определяются Государственным комитетом санитарно-эпидемиологического надзора, Минздравом России, Министерством сельского хозяйства с учетом рекомендаций Российской Федерации научной комиссии по радиационной защите.

Органы исполнительной власти областей и органы местной администрации обеспечивают обязательный регулярный медицинский контроль за состоянием здоровья людей и индивидуальных доз облучения, радиометрический контроль продуктов питания, реализацию защитных, профилактических, оздоровительных и лечебных мероприятий, направленных на снижение уровней облучения в соответствии с основными положениями концепции проживания населения в районах, пострадавших вследствие радиационной аварии.

Порядок хозяйственного использования территории

Здания и сооружения населенных пунктов, жители которых отселены в обязательном порядке, подлежат инвентаризации и паспортизации для принятия решения об их дальнейшем использовании или сносе и захоронении.

Подлежат консервации наиболее ценные для народного хозяйства и культурного наследия здания и сооружения, исторические и культурные памятники. Перечень этих объектов, порядок их консервации и охраны, проведения противопожарных и санитарных мероприятий, а также финансирование соответствующих работ определяются исполнительными органами государственной власти областей с участием органов местной администрации по согласованию с заинтересованными министерствами и ведомствами.

Органы местной администрации обеспечивают использование сельскохозяйственных угодий территории зоны, где продолжает проживать население, по научным рекомендациям Министерства сельского хозяйства. Без специального разрешения органов местной администрации запрещаются все виды лесопользования, заготовки сена, дикорастущих плодов, ягод, грибов, лекарственного и

технического сырья, охота, рыбная ловля, неорганизованный туризм, прогон и выпас домашних животных, добыча и переработка всех видов полезных ископаемых, проезд всех видов транспорта вне дорог общего пользования, проведение любых видов работ, связанных с нарушением почвенного покрова. Режим ограничений устанавливается органами местной администрации с учетом рекомендаций территориальных органов Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора.

Хозяйственная деятельность разрешается органами местной администрации по результатам радиационно-экологического контроля. Устанавливаются приоритеты земельной реформы.

Строительство жилья, зданий и сооружений производственного и социально-бытового назначения осуществляется в соответствии с требованиями строительных норм и правил, нормативных актов по охране окружающей среды и градостроению.

Органы местной администрации по согласованию с территориальными органами Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора устанавливают режим ограничений по природопользованию и обеспечивают реализацию комплекса мер по приведению радиоактивно загрязненных участков территорий в состояние, пригодное для хозяйственного использования и жизнедеятельности населения, возврату этих территорий в состояние, пригодное для хозяйственного использования и жизнедеятельности населения, возврату этих территорий по мере их реабилитации в хозяйственный оборот.

Зона ограниченного проживания

Режим проживания населения и порядок проведения мероприятий по охране здоровья и снижению риска заболеваемости населения

В зоне ограниченного проживания граждане самостоятельно принимают решение о дальнейшем проживании на территории зоны или переселении на другое место жительства на основании представляемой им органами местной администрации объективной информации о радиационной обстановке, дозах облучения и возможных последствиях для здоровья людей.

Органы исполнительной власти областей и органы местной администрации, к ведению которых относится зона ограниченного проживания, обеспечивают контроль за дозами облучения людей, проживающих в этой зоне, и регулярный медицинский контроль за состоянием их здоровья.

Качество продуктов питания местного производства и личных подсобных хозяйств, нормы их потребления населением регламентируются нормативными документами.

Порядок добровольного отселения жителей из зоны ограниченного проживания.

Граждане, проживающие в зоне ограниченного проживания и принявшие решение о выезде на другое место жительства, получают в органах местной администрации удостоверения на получение компенсаций и льгот, установленных действующим законодательством. В удостоверении указывается также состав семьи и делается отметка о сдаче жилья по месту жительства и выплате компенсаций и расходов, связанных с переездом.

Органы местной администрации, на территорию которой переезжают граждане из зоны с ограниченным проживанием, обеспечивают их в соответствии с действующим законодательством благоустроенной жилой площадью в домах государственного и общественного жилого фонда, жилыми помещениями в домах, принадлежащих совхозам, колхозам и другим сельскохозяйственным предприятиям, или предоставляют право на внеочередное вступление в жилищные и жилищно-строительные кооперативы по новому месту жительства.

Порядок осуществления хозяйственной и иной деятельности

В зоне ограниченного проживания хозяйственная и иная деятельности на радиоактивно загрязненных участках территории зоны, приведение этих участков в состояние, контроль за состоянием и оздоровлением природной среды осуществляются в соответствии с государственной программой по защите населения Российской Федерации от воздействия радиации.

Дезактивация радиоактивно загрязненных участков территории зоны и объектов производится специализированными организациями на основании заключения территориальных органов Государственного комитета санитарно-эпидемиологического надзора.

Использование земельных участков по целевому назначению осуществляется в соответствии с рекомендациями Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по ведению сельского хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях.

Производство сельскохозяйственной продукции ведется с радиометрическим контролем.

Строительство жилья, зданий и сооружений производственного и социально-бытового назначения осуществляется в соответствии с требованиями строительных норм и правил, нормативных актов по охране окружающей среды и градостроению.

Устанавливаются приоритеты в проведении приватизации государственных предприятий, реализации земельной реформы, создании коммерческих структур, развитию предпринимательства и фермерских хозяйств с предоставлением им льгот и компенсаций в соответствии с действующим законодательством.

3.5. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки

Исходными данными для прогнозирования радиационной обстановки являются:

При ядерном взрыве:

координаты, вид, мощность и время ядерного взрыва,
направление и скорость среднего ветра в пределах высоты подъема радиоактивного облака.

При радиационной аварии:

координата АЭС, тип (РБМК или ВВЭР) и электрическая мощность ядерного реактора;

время аварии и характер выброса (доля выброшенной загрузки реактора);

направлении и скорость среднего ветра, степень вертикальной устойчивости воздуха (СВУВ).

Радиационную обстановку отображают на картах (схемах) в виде прогнозируемых или фактических зон радиоактивного загрязнения (заражения), ограниченных изолиниями доз или мощностей доз, как показано на рис. 3.3.

Рис. 3.3. Прогнозируемые зоны радиоактивного загрязнения местности на следе облака при авариях на АЭС.

Прогнозируемые зоны заражения (загрязнения) местности при наземных ядерных взрывах и авариях на АЭС с однократным выбросом радионуклидов или многократных, но в течение короткого промежутка времени, отображаются в виде правильных эллипсов.

В табл. 3.2 и 3.3 представлены характеристики зон радиоактивного загрязнения местности при авариях на радиационно-опасных объектах.

Таблица 3.2

Радиационные характеристики зон РЗ местности при авариях на РОО

Наименование зон	Индекс зоны	Цвет внешней границы зоны	Дозы излучения на границе зоны за 1 год после аварии, рад.		Мощность дозы излучения на границе зоны через 1 час после аварии, рад/ч.	
			внешней	Внутренней	внешней	внутренней
Радиационной опасности	М	Красный	5	50	0,014	0,140
Умеренного загрязнения	А	Синий	50	500	0,140	1,4
Сильного загрязнения	Б	Зеленый	500	1500	1,4	4,2
Опасного загрязнения	В	Коричневый	1500	5000	4,2	14,0
Чрезвычайно опасного загрязнения	Г	Черный	5000	-	14,0	-

Таблица 3.3

Радиационные характеристики зон РЗ местности при авариях на РОО

Наименование зон	Индекс зоны	Цвет внешней границы зоны	Площадь зоны от всей площади	Дозы излучения на границе за период полного распада РВ, рад.	Мощность дозы излучения через 1 час после взрыва, рад/ч.

			РЗ,%	внешней	внутренней	внешней	внутренней
Умеренного загрязнения	А	Синий	70-80	40	400	8	80
Сильного загрязнения	Б	Зеленый	10	400	1200	80	240
Опасного загрязнения	В	Коричневый	8-10	1200	4000	240	800
Чрезвычайно опасного загрязнения	Г	Черный	До 2	4000	-	800	-

При ядерных взрывах на следе облака отображают четыре зоны радиоактивного заражения – А, Б, В, Г, а при авариях на АЭС дополнительно отображается пятая зона – М. Характеристики этих зон приведены в табл. 3.2 и 3.3.

Из табл. 3.2 и 3.3 видно, что период от границ зон М к А, А к Б и Б к Г сопровождается десятикратным увеличением дозы или мощности экспозиционной дозы (МЭД), а от Б к В – трехкратным. Для определения МЭД в середине зон М и А граничные значения следует умножать на $10^{0,5}=3,16$, а в зонах Б и В на $3^{0,5}=1,73$.

Динамика спада мощностей доз излучения, как ранее отмечалось, описывается уравнением:

$$\text{при ядерных взрывах } P = P_0 \cdot t^{-1,2},$$

$$\text{при радиационных авариях } P = P_0 \cdot t^{-0,5}.$$

Очень важным моментом для управлений и отделов по делам ГОЧС различных уровней является определение времени начала формирования следа облака. В зависимости от этого могут организованы следующие защитные мероприятия:

- оповещение об угрозе радиоактивного заражения;
- профилактические приемы йодосодержащих препаратов;
- подготовка объектов к переводу (или перевод) на режим работы в условиях радиоактивного загрязнения;

подготовка к использованию средств индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, а также защитных сооружений;

проведение работ по защите продовольствия, источников воды и т.д.

Время начало выпадения радиоактивных веществ из облака можно определить расчетом:

$$T_{\text{вып}} = X/V, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{вып}}$ – время начало выпадения радиоактивных веществ, ч; X – расстояние от эпицентра взрыва, км; V – средняя скорость ветра на высоте подъема радиоактивного облака.

Размеры (длина и ширина) зон радиоактивного заражения при прогнозе РО определяются по специальным таблицам исходя из вида и мощности ядерного взрыва, а также скорости среднего ветра.

Так, для наземного ядерного взрыва мощностью 100 кг при скорости среднего ветра 25 км/час размеры зон составят значения, приведенные в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Параметры зон при ядерном взрыве

Параметры зоны	А	Б	В	Г
Длина, км	116	49	31	18
Ширина, км	12	6	4	2,2

Размеры зон радиоактивного загрязнения при разрушении на АЭС реактора РБМК-1000 с выбросом 50% загрузки при изотермии и скорости ветра 5 м/с составят значения, приведенные в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Параметры зон радиоактивного загрязнения при разрушении АЭС

Параметры зоны	М	А	Б	В	Г
Длина, км	583	191	47,1	23,7	9,41
Ширина, км	42,8	11,7	2,4	1,1	0,27

После нанесения зон радиоактивного заражения на карту (схему) можно определить, в каких зонах заражения оказались промышленные объекты или какие зоны предстоит преодолевать формированиям ГЗ.

Выявление радиационной обстановки по данным разведки

Данные о реальной радиационной обстановке (т.е. о фактических мощностях дозы) могут поступать в штаб ГОЧС объекта от специальных датчиков радиоактивности, постов радиационного и химического наблюдения, наземных воздушных дозоров радиационной разведки, а также из вышестоящего штаба ГОЧС.

Сведения о мощностях доз излучения, времени и месте их измерения записываются в журнал радиационной разведки и наблюдения (РР и Н) по форме, представленной в табл. 3.6.

Для графического отображения реальной радиационной обстановки на схеме (плане, карте) необходимо нанести границы зон радиоактивного загрязнения (изолинии мощностей дозы). Предварительно измеренные мощности дозы излучения приводят к стандартному времени, как правило, к одному часу взрыва (аварии).

Таблица 3.6

Пример заполнения журнала

Номер точки	Место измерения	Время измерения	Мощность дозы излучения	Коэффициент пересчета K_t	Мощность дозы излучения 1 час после аварии
1	Цех 1	10.50	15 мрад/ч	0,94	14,1 мрад/ч
2	Цех 2	11.01	14 рад/ч	1,00	14 рад/ч
3	Цех 3	11.25	3,9 рад/ч	1,08	4,3 рад/ч
4	Цех 4	12.30	1,1 рад/ч	1,29	1,39 рад/ч

Для пересчета мощностей доз радиации на 1 час после ядерного взрыва необходимо величину измеренной МД умножить на коэффициент $K_t = t^{1,2}$, а радиационной аварии $K_t = t^{0,5}$.

Значения коэффициента K_t могут быть определены по таблицам (табл. 3.7 и 3.8).

Таблица 3.7

Значения коэффициента пересчета мощности дозы излучения на 1 час после ядерного взрыва

Время t , прошедшее после взрыва, ч	0,5	1	1,5	2	5	7	10
Коэффициент пересчета, K_t	0,43	1,00	1,63	2,30	6,90	10	15,85

**Значения коэффициента пересчета мощности дозы излучения
на различное время после аварии реактора РБМК**

Время измерения, ч	Время, на которое пересчитывается мощность дозы					
	часы				сутки	
	1	2	6	18	1	2
1	1,00	0,83	0,61	0,42	0,37	0,28
2	1,19	1,00	0,72	0,50	0,45	0,34
6	1,63	1,37	1,00	0,68	0,61	0,47
18	2,37	1,99	1,45	1,00	0,89	0,68

Оценка радиационной обстановки

Оценка радиационной обстановки проводится с целью минимизации дозовых нагрузок на население, персонал промышленных объектов и личный состав формирований гражданской обороны, действующих на радиоактивно загрязненной (загрязненной) местности.

Оценка радиационной обстановки – определение последствий воздействия радиации на людей и объекты проводится путем:

расчета доз облучения персонала ОЭ, формирований ГО и населения при различных вариантах действий на РЗМ;

сопоставления полученных доз с допустимыми (критериальными) значениями;

анализа влияния облучения на деятельность ОЭ и формирований ГО;

выбора наиболее целесообразных вариантов (режимов) действий, обеспечивающих минимальные возможные дозы облучения или полностью радиационные поражения людей.

Основными исходными данными при этом являются:

координаты промышленного объекта (района работ);

степень защищенности людей (коэффициент ослабления радиации);

характер и сроки деятельности;

дозовые пределы (допустимые дозы облучения).

В ходе оценки радиационной обстановки обычно определяются:

дозы облучения при размещении (действиях) на РЗМ;

допустимая продолжительность действий (работ) на РЗМ;

дозы облучения при преодолении зон заражения и допустимое время его начала;

допустимое время начала действий (работ) на РЗМ и продолжительность рабочих смен;

степень заражения различных объектов и степень их опасности;

возможные радиационные потери;

режимы радиационной защиты населения и производственной деятельности промышленного объекта.

Примеры решения некоторых задач.

Определение дозы облучения при размещении на РЗМ

Доза облучения (Д) рассчитывается по формуле:

$$D = (P_n + P_k) \cdot t_{\text{обл}} / 2 \cdot K_{\text{осл}}, \quad (3.2)$$

где P_n и P_k – мощность дозы на момент начала и конца облучения, рад/ч; $t_{\text{обл}}$ – продолжительность облучения, час; $K_{\text{осл}}$ – коэффициент ослабления радиации, значения которого приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Коэффициент ослабления радиации ($K_{\text{осл}}$) различными укрытиями

Наименование укрытий	$K_{\text{осл}}$
Открытые щели	3
Перекрытые щели	40
Автомобиль, автобус	2
Пассажиры вагоны	3
Производственные 1-этажные здания	7
Производственные и административные 3-этажные здания	6
Жилые деревянные 1-этажные дома:	
1-й этаж	2
подвал	7
Жилые каменные 1-этажные дома:	
1-й этаж	10
подвал	40
Жилые каменные 2-этажные дома:	
1-й и 2-й этажи	15
подвал	100
Жилые каменные 5-этажные дома:	
1-4-й этажи	18-34
подвал	400-500

Определения дозы облучения при преодолении зон заражения РВ

Доза облучения за время движения рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{P_{cp} \cdot L}{K_{осл} \cdot K_t \cdot V}, \quad (3.3)$$

$$\text{где } P_{cp} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}, \text{ рад/ч}; \quad (3.4)$$

L – длина маршрута движения, зараженного РВ, км; V – скорость движения, км/ч; K_t – коэффициент пересчета мощности дозы на заданное время.

Определение допустимого времени начала преодоления зон радиоактивного заражения

В данном случае по формуле (3.3) решается обратная задача. Исходными данными являются: заданная допустимая доза облучения ($D_{доп.}$), длина маршрута (L , км), скорость движения (V , км/ч), $K_{осл}$ транспортного средства, мощности дозы в нескольких точках на маршруте движения, приведенные к 1 часу после взрыва.

Определяют дозу облучения, которая может быть получена, если преодоления начать через час после взрыва, по формуле:

$$D_1 = \frac{P_{cp} \cdot L}{K_{осл} \cdot V} \quad (3.5)$$

Делением полученной дозы на допустимую дозу определяют степень превышения дозы $K_t = D_1/D_{доп.}$. Следовательно, для получения личным составом дозы $D_{доп.}$ необходимо начать преодоление не через 1 час после аварии, а позже, когда уровень радиации уменьшится в K_t раз. Это время находят по таблице или по формуле:

$$t = K_t^{0,83} \text{ (для ядерного взрыва);}$$

$$t = K_t^2 \text{ (для аварии на РОО).}$$

Определение степени заражения объекта

Степень зараженности техники (P_t) и одежды (P_o) при первичном заражении радиоактивной пылью в сухую погоду приближенно может быть рассчитано по формулам:

$$P_t = 0,1 \cdot P_m;$$

$P_o = 0,05 \cdot P_m$, где P_m – уровень загрязнения местности, рад/ч.

Определение возможных радиационных потерь

Влияние радиоактивного загрязнения на производственную деятельность объекта экономики и жизнедеятельности населения определяется с учетом остаточной доли k от полученной ранее дозы излучения (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Остаточная доля k от полученной дозы излучения

Время, прошедшее после предыдущего облучения, недели	1	2	3	4	6	8	10	12
Остаточная доля, k	0,90	0,75	0,60	0,50	0,35	0,25	0,17	0,13

Определив дозы излучения с учетом остаточных ($D_{ост} = D_{пол} \cdot K_t$), по табл.

3.11 определяют вероятные потери.

Таблица 3.11

Выход людей из строя при облучении

Длительность облучения, сутки	Выход людей из строя (%) при облучении суммарной дозой, рад										
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
До 4-х	0	2	5	10	20	35	50	75	100*	100*	100*
До 10-ти	0	1	2	5	10	25	40	60	90	100*	100*
До 20-ти	0	1	1	3	7	15	35	55	75	95	100*
До 30-ти	0	0	0	2	5	10	25	40	60	80	100*

Примечание: * – выходит из строя весь личный состав сразу после набора дозы; в остальных случаях – половина сразу после набора дозы, другая половина – в течение 1-2 недель равными долями.

Радиационные потери при заражении поверхности тела и одежды РВ можно определить по табл. 3.12.

Таблица 3.12

Вероятность потери трудоспособности при попадании РВ на одежду и сроки выхода из строя пораженных (при времени контакта с РВ 10-20 часов)

Поверхностная активность, Ки/м ²	Мощность дозы излучения, рад/ч	Вероятность потери трудоспособности, %	Сроки выхода из строя, сутки
0,3-0,5	1-1,5	До 10	10-14
0,5-0,8	1,5-2,5	До 50	7-10

Более 0,8	Более 2,5	До 100	4-7
-----------	-----------	--------	-----

Завершающим этапом оценки радиационной обстановки является формулирование выводов, в которых указываются:

1. Влияние радиоактивности загрязнения местности на производственную деятельность объекта экономики, ведение АСДНР и жизнедеятельность населения.

2. Наиболее целесообразные варианты действий формирований ГЗ при проведении АСДНР.

3. Мероприятия и режимы защиты населения, производственного персонала и формирований ГЗ. Выявив реальные масштабы радиоактивного загрязнения местности, председатель КЧС и ПБ объекта и его штаб оценивают степень их влияния на производственный персонал, население, формирования ГЗ и выбирают оптимальные режимы их деятельности.

Таким образом, выводы из оценки радиационной обстановки являются основой для организации защиты персонала и формирований ГЗ, действующих в условиях радиоактивного загрязнения.

3.6. Задание и исходные данные к практической работе

Цель работы

1. Ознакомление с методикой заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов радиационного загрязнения при авариях на радиационно-опасных объектах.

2. Приобретение практического навыка работы с методиками, изложенными в официальных нормативных правовых актах в области обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях при авариях на РОО.

3. Нарботка самостоятельного опыта ведения анализа полученных результатов и умения предлагать решения, выводы и предложения по конкретно поставленной задаче.

4. Получение практических навыков при графическом оформлении на схемах (картах) прогнозируемой и фактической радиационной обстановки.

Задание 1. Спрогнозировать по исходным данным возможные зоны радиоактивного загрязнения местности (РЗМ). Представить схему зон РЗМ.

Исходные данные:

тип ЯЭР – РМБК и ВВЭР;

электрическая мощность ЯЭР – W , МВт;

количество аварийных ЯЭР – n , шт;

астрономическое время аварии – $T_{ав}$, ч;

доля выброшенных радиоактивных веществ – d , %;

метеорологические условия:

скорость ветра – V , м/с;

направление ветра – z , град.;

состояние небосвода – облачность отсутствует (ОО), облачность средняя (ОС), облачность сплошная (ОШ).

Дополнительная справочная информация по данной работе представлена в табл. 1-7 (приложение 3).

Таблица 3.13

Исходные данные к вариантам задания 1

№ п/п	Тип ЯЭР	Мощность ЯЭР, МВт	Кол-во аварийных ЯЭР, шт.	$T_{ав}$, ч	d , %	V , м/с	z , град.	Сост. небосвода
1	РМБК	1000	1	8.00	10	2	60	ОО
2	РМБК	1000	1	10.00	15	4	90	ОС
3	РМБК	1000	1	12.00	20	6	120	ОШ
4	РМБК	1000	1	14.00	25	8	240	ОО
5	РМБК	1000	1	16.00	30	2	300	ОС
6	РМБК	1000	1	18.00	35	4	320	ОШ
7	РМБК	1000	1	20.00	40	6	45	ОО
8	РМБК	1000	1	22.00	45	8	30	ОС
9	РМБК	1000	1	24.00	50	8	90	ОШ
10	РМБК	1500	2	8.00	10	2	60	ОО
11	РМБК	1500	2	10.00	15	4	90	ОС
12	РМБК	1500	2	12.00	20	6	120	ОШ
13	РМБК	1500	2	14.00	25	8	240	ОО
14	РМБК	1500	2	16.00	30	2	300	ОС
15	РМБК	1500	2	18.00	35	4	320	ОШ
16	РМБК	1500	2	20.00	40	6	45	ОО
17	РМБК	1500	2	22.00	45	8	30	ОС
18	РМБК	1500	2	24.00	50	8	90	ОШ
19	ВВЭР	1000	1	8.00	10	2	60	ОО

20	ВВЭР	1000	1	10.00	15	4	90	ОС
21	ВВЭР	1000	1	12.00	20	6	120	ОШ
22	ВВЭР	1000	1	14.00	25	8	240	ОО
23	ВВЭР	1000	1	16.00	30	2	300	ОС
24	ВВЭР	1000	1	18.00	35	4	320	ОШ
25	ВВЭР	4000	2	20.00	40	6	45	ОО
26	ВВЭР	4000	2	22.00	45	8	30	ОС
27	ВВЭР	4000	2	24.00	50	8	90	ОШ
28	ВВЭР	4000	2	8.00	10	2	60	ОО
29	ВВЭР	4000	2	10.00	15	4	90	ОС
30	ВВЭР	4000	2	12.00	20	6	120	ОШ

Задание 2 . Определить дозу облучения (D), которую получит личный состав сил РСЧС за время ведения СНАВР, при следующих условиях:

1. Тип ЯЭР, его мощность и метеоусловия по заданию 1.
2. Группировка сил РСЧС действует на расстоянии L , км от ЯЭР.
3. Время начала работы (астрономическое) – $T_{ав}$, ч.
4. Продолжительность работы, $t_{раб}$, ч.
5. Кратность ослабления мощности доз ($K_{осл}$) выбирается из табл. 3.14 в зависимости от порядкового номера варианта.

Дополнительная справочная информация по данной работе представлена в табл. 1-7 (приложение 3).

Таблица 3.14

Исходные данные к вариантам задания 2

№ п/п	L , км	$T_{ав}$, ч	$t_{раб}$, ч	$K_{осл}$
1	3	6.00	1	1
2	5	7.00	1	2
3	7	8.00	2	3
4	9	9.00	2	4
5	11	10.00	3	5
6	12	11.00	3	6
7	14	12.00	3	7
8	16	13.00	4	8
9	18	14.00	4	9
10	20	15.00	4	10
11	24	16.00	4	11
12	26	17.00	5	12
13	30	18.00	1 сут	13
14	33	19.00	1 сут	1
15	35	20.00	1 сут	2
16	3	10.00	1	3
17	5	11.00	1	4

18	7	12.00	2	5
19	9	13.00	2	6
20	11	14.00	3	7
21	12	15.00	3	8
22	14	16.00	3	9
23	16	17.00	4	10
24	18	18.00	5	11
25	20	19.00	8	12
26	24	6.00	10	13
27	26	7.00	15	1
28	30	8.00	1 сут	2
29	33	9.00	1 сут	3
30	35	10.00	2 сут	4

Вопросы для самоконтроля

1. Цель прогнозирования и оценки радиационной обстановки при аварии на радиационно-опасном объекте.
2. В чем заключается государственное нормирование в области обеспечения радиационной безопасности населения?
3. Характеристика радиационной аварии (поражающие факторы и их воздействие на людей, предельно допустимые дозы излучения, радиационный фон).
4. Охарактеризуйте принципы обеспечения радиационной безопасности.
5. Какими параметрами характеризуется зона радиационного загрязнения?
6. Каковы пути обеспечения радиационной безопасности населения?
7. Укажите общие требования к контролю за радиационной безопасностью.
8. Единицы измерения радиоактивных излучений: дозы излучения (экспозиционной, поглощенной, эквивалентной, эффективной), мощности дозы излучения, активности, степени заражения РВ поверхности различных объектов.
9. Какие методы используются для обнаружения ионизирующих излучений? Дайте краткое описание.
10. Устройство и принцип работы ионизационной камеры.

Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 9 января 1996 г. N 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» (с изм. от 23 июля 2008 г.).
2. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы. – М.: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования, гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.
3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). СП 2.6.1.799-99. – М.: Минздрав России, 2000. – 100 с.
4. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М.: Абрис, 2012. – 599 с.
5. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учеб. пособие / В.И. Юртушкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.

Глава 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

4.1. Основные понятия, термины и определения

В учебном пособии приведены основные термины, понятия и определения в соответствии с их изложением в ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений», методики определения критериев безопасности гидротехнических сооружений (РД 153-34.2-21.342-00) и стандарта ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ» СТО 17330282.27.140.003-2008.

Авария гидротехнического сооружения (далее ГТС) – разрушение или повреждение ГТС, вызванное непредвиденными (не предусмотренными проектом и правилами безопасности) ситуациями и сопровождаемое неконтролируемым сбросом воды или жидких стоков из хранилища.

Безопасность гидротехнического сооружения – свойство гидротехнического сооружения, определяющее его защищенность от внутренних и внешних угроз или опасностей и препятствующее возникновению на объекте источника техногенной опасности для жизни, здоровья и законных интересов людей, состояния окружающей среды, хозяйственных объектов и собственности.

Показатели безопасности гидротехнического сооружения – количественные показатели, характеризующие вероятности реализации либо нарушения установленных критериев безопасности гидротехнического сооружения.

Уровень безопасности гидротехнического сооружения – степень соответствия состояний гидротехнического сооружения и окружающей среды установленным критериям безопасности, принятым с соблюдением действующих норм проектирования, а квалификации эксплуатационного персонала и действий собственника (эксплуатирующей организации) – требованиям правил технической эксплуатации и действующего законодательства по техногенной и экологической безопасности.

Нормальный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, при котором значения критериев безопасности не превышают предельно допустимых для работоспо-

собного состояния сооружения и основания, а эксплуатация осуществляется в соответствии с проектом и правилами эксплуатации без нарушений действующих законодательных актов, норм и правил, а также предписаний органов надзора.

Пониженный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, собственник (эксплуатирующая организация) которого допускает нарушения правил технической эксплуатации, невыполнение первоочередных мероприятий или неполное выполнение предписаний органов государственного надзора по обеспечению безопасности гидротехнического сооружения.

Неудовлетворительный уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатирующегося в условиях снижения механической или фильтрационной прочности, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности для работоспособного состояния, других отклонений от проектного состояния, способных привести к возникновению аварии.

Критический уровень безопасности гидротехнического сооружения – уровень безопасности гидротехнического сооружения, эксплуатация которого происходит в условиях развивающихся процессов снижения прочности и устойчивости элементов конструкции и основания, превышения предельно допустимых значений критериев безопасности, характеризующих переход от частично неработоспособного к неработоспособному состоянию гидротехнического сооружения либо его основания.

Водобой – крепление русла за водопропускным сооружением, на котором происходит гашение основной части избыточной кинетической энергии потока и которое воспринимает его динамическое воздействие.

Водоприемник – часть водозаборного сооружения, служащая для непосредственного приема воды из водного объекта.

Водопропускное сооружение – сооружение, предназначенное для пропуска воды в заданном направлении.

Гидротехнические сооружения – плотины, здания гидроэлектростанций, водосбросные, водоспускные и водовыпускные сооружения, туннели, каналы, насосные станции, судоходные шлюзы, судоподъемники; сооружения, предназначенные для защиты от наводнений, разрушений берегов и дна водохранилищ, рек; сооружения (дамбы), ограждающие хранилища жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных организаций; устройства от размывов на каналах, а также другие сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов и предотвращения негативного воздействия вод и жидких отходов.

Гидротехнический туннель, туннель – водовод замкнутого поперечного сечения, устроенный в горных породах без вскрытия вышележащего массива.

Гидротехнический отстойник, отстойник – сооружение, служащее для осаждения содержащихся в воде наносов и последующего их удаления.

Государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений – организация и проведение уполномоченными государственными органами исполнительной власти периодических инспекций (проверок) гидротехнических сооружений с целью установления соответствия их состояния и уровня эксплуатации требованиям безопасности.

Гидродинамически опасный объект (ГОО) – сооружения или естественное образование, создающее разницу уровней воды до и после него.

Гидродинамическая авария – авария на гидротехническом сооружении, связанная с распространением с большой скоростью воды и создающая угрозу возникновения техногенной чрезвычайной ситуации.

Дамба – гидротехническое сооружение для защиты территории от затопления, ограждения искусственных водоемов и водотоков, направленного отклонения потока воды.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения – документ, составляемый собственником гидротехнического сооружения или эксплуатирующей организацией, в котором обосновывается безопасность гидротехнического сооружения и определяются меры по ее обеспечению в соответствии с классом сооружения.

Деривация – совокупность сооружений, осуществляющих отвод воды из естественного русла или водохранилища с целью создания сосредоточенного перепада уровней воды.

Дренаж – устройство для частичного или полного перехвата фильтрационного потока в основании или внутри водоподпорного сооружения, сбора и отвода профильтровавшихся вод.

Канал – водовод незамкнутого поперечного сечения в виде искусственного русла в грунтовой выемке и/или насыпи.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения – предельные значения количественных и качественных диагностических показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений.

Консервация гидротехнического сооружения – комплекс мероприятий, направленных на полное прекращение выполнения гидротехническим сооружением функций по регулированию использования водных ресурсов и защите от вредного воздействия вод и осуществление комплекса организационных и технических мер, обеспечивающих безопасность гидротехнического сооружения, его материальную сохранность, предотвращение его разрушения, а также его работоспособность после расконсервации.

Ликвидация гидротехнического сооружения – комплекс мероприятий по демонтажу, сносу и перепрофилированию гидротехнического сооружения, приведению занимавшейся им территории, включая соответствующую часть водного объекта, в состояние, безопасное для людей и окружающей среды.

Надежность гидротехнического сооружения – интегральное свойство гидротехнического сооружения, характеризующее его способность выполнять требуемые функции при установленных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания и ремонта в течение заданного периода времени,

сохраняя при этом в установленных пределах значения всех параметров, определяющих эти функции.

Напор на сооружение – разность между полной удельной энергией потока в верхнем бьефе и удельной потенциальной энергией в нижнем бьефе.

Напорный бассейн – водоем для сопряжения безнапорной деривации (канала, туннеля, лотка) с турбинными трубопроводами деривационной ГЭС.

Плотина – водоподпорное сооружение, перегораживающее водоток и (иногда) долину водотока для подъема уровня воды.

Глухая плотина – плотина или ее часть, в которой отсутствуют устройства для пропуска воды.

Водосбросная плотина – плотина или ее часть, выполняющая функции водосбросного сооружения.

Водосливная плотина – водосбросная плотина, пропуск воды через гребень которой осуществляется со свободной поверхностью потока.

Гравитационная плотина – плотина, устойчивость которой обеспечивается силами сопротивления сдвигу, зависящими, в основном, от веса сооружения и водной пригрузки.

Арочная плотина – криволинейная в плане бетонная плотина, устойчивость которой обеспечивается, в основном, путем опирания на скальные береговые массивы.

Арочно-гравитационная плотина – криволинейная в плане бетонная плотина, устойчивость которой обеспечивается как путем опирания на скальные береговые массивы, так и силами сопротивления сдвигу, зависящими от веса сооружения.

Контрфорсная плотина – плотина, устойчивость которой обеспечивается силами сопротивления сдвигу вертикальных стен-контрфорсов, воспринимающих через опертую на них напорную грань давление воды.

Грунтовая плотина – плотина из грунтовых материалов.

Земляная плотина – плотина из грунтовых материалов, тело которой возведено из глинистых, песчаных, гравелисто-галечных грунтов.

Каменноземляная плотина – плотина из грунтовых материалов, тело которой состоит частично из песчаных или глинистых грунтов, а частично – из крупно-обломочных грунтов.

Подпорный уровень (ПУ) – уровень воды, устанавливающийся в верхнем бьефе в результате преграждения или стеснения русла сооружениями.

Нормальный подпорный уровень (НПУ) – наивысший подпорный уровень, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации подпорного сооружения в любое время года.

Форсированный подпорный уровень (ФПУ) – подпорный уровень выше нормального, допускаемый в верхнем бьефе в особых условиях эксплуатации гидротехнических сооружений при сбросе паводков малой обеспеченности.

Риск аварий на гидротехническом сооружении – комбинация вероятностей возникновения аварий на гидротехническом сооружении и их ожидаемых последствий для жизни и здоровья людей, собственности и окружающей среды.

Суффозионная устойчивость – сохранение первоначальной структуры грунта (грунтового материала) при заданной интенсивности фильтрационного потока.

Фильтрационная прочность – способность самого сооружения и/или его основания сопротивляться разрушающему воздействию фильтрационного потока, проявляющемуся в виде механической или химической суффозии.

Шугосброс – водопропускное сооружение, предназначенное для предотвращения попадания шуги в закрытый водовод и ее сброса в нижний бьеф.

Эксплуатирующая организация – организация любой организационно-правовой формы, осуществляющая техническую эксплуатацию и обслуживание на праве собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления, аренды либо ином законном основании.

Критерии состояния ГТС:

К1 – первый (предупреждающий) уровень значений диагностических показателей, при достижении которого устойчивость, механическая и фильтрационная прочность ГТС и его основания, а также пропускная способность водо-

сбросных и водопропускных сооружений еще соответствуют условиям нормальной эксплуатации;

К2 – второй (предельный) уровень значений диагностических показателей, при превышении которых эксплуатация ГТС в проектных режимах недопустима.

Эксплуатационные состояния сооружений:

нормальное – состояние сооружения, при котором сооружение соответствует всем требованиям нормативных документов и проекта, при этом значения диагностических показателей состояния сооружения не превышают своих критериальных значений К1;

потенциально опасное – состояние, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало большим (меньшим) своего первого (предупреждающего) уровня критериальных значений (значений К1) или вышло за пределы прогнозируемого при данном сочетании нагрузок интервала значений. Потенциально опасное состояние сооружения не отвечает нормативным требованиям, но эксплуатация ГТС не приводит к угрозе немедленного прорыва напорного фронта и сооружение может ограниченное время эксплуатироваться;

предаварийное – состояние, при котором значение хотя бы одного диагностического показателя стало большим (меньшим) второго (предельного) уровня критериальных значений (значений К2). В этом случае эксплуатация сооружения в проектных режимах недопустима без оперативного проведения мероприятий по восстановлению требуемого уровня безопасности и без специального разрешения органа надзора.

4.2. Общие требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений

В соответствии со стандартом ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ» СТО 17330282.27.140.003-2008 гидротехнические сооружения делятся на следующие типы:

плотины бетонные и железобетонные (гравитационные, контрфорсные, арочные, водосбросные на нескальном основании);

плотины из грунтовых материалов (однородные, неоднородные, с экраном, с ядром, с диафрагмой, намывные, каменно-земляные и каменно-набросные, вечномерзлые);

подводящие и отводящие каналы и сооружения на них (отстойники, шугосбросы и др.);

подводящие и отводящие туннели (напорные и безнапорные);

подпорные стены и устои, примыкания;

ограждающие дамбы бассейнов ГАЭС.

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений осуществляется на основании следующих общих требований:

обеспечение допустимого уровня риска аварий гидротехнических сооружений;

представление деклараций безопасности гидротехнических сооружений;

государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений;

непрерывность эксплуатации гидротехнических сооружений;

осуществление мер по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений, в т.ч. установление критериев их безопасности, оснащение гидротехнических сооружений техническими средствами в целях постоянного контроля за их состоянием, обеспечение необходимой квалификации работников, обслуживающих гидротехническое сооружение;

необходимость заблаговременного проведения комплекса мероприятий по максимальному уменьшению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях;

ответственность за действия (бездействие), которые повлекли за собой снижение безопасности гидротехнических сооружений ниже допустимого уровня.

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений при экстремальных условиях

Пропуск высоких паводков.

Ежегодно до наступления паводкового периода на ГАЭС должна быть образована паводковая комиссия под руководством технического руководителя. В

задачу комиссии входит разработка плана мероприятий по обеспечению пропуска половодья (паводка) через гидроузел и защиты гидротехнических сооружений от повреждений.

Режим пропуска половодий должен осуществляться в соответствии с правилами использования водных ресурсов конкретного водохранилища, установленными Федеральным агентством водных ресурсов (ФАВР) и доведенными до сведения всех основных водопользователей.

Если для пропуска половодья предусматривается использование водопропускных сооружений, эксплуатируемых другими ведомствами, то необходимо до начала паводка составить согласованные мероприятия по подготовке их к работе и определить порядок включения в работу.

План мероприятий по пропуску половодья (паводка) должен разрабатываться заблаговременно, основываясь на предыдущих и текущем прогнозах Роскомгидромета, содержащих сроки начала и конца половодья, размер и характер его прохождения, а также максимальные величины приточного расхода половодья, и включает следующее:

- режим предварительной сработки водохранилища;

- режим работы гидроузла в период прохождения паводковых расходов, с учетом требований оперативного органа ФАВР;

- график маневрирования затворами;

- проверка работоспособности электроприводов затворов;

- перечень аварийного запаса строительных материалов и мест их нахождения (камень, песок, щебень, лесоматериалы, материалы для уплотнения и др.), необходимых для ликвидации возможных размывов и повреждений сооружений, а также перечень транспортных средств, спецодежды, инструментов и оборудования. Готовность затворов водосбросов к маневрированию должна проверяться в соответствии со стандартами;

- режим предварительной сработки водохранилища;

- режим работы гидроузла в период прохождения паводковых расходов;

- график маневрирования затворами;

проверка работоспособности электроприводов затворов;

перечень аварийного запаса строительных материалов и мест их нахождения (камень, песок, щебень, лесоматериалы, материалы для уплотнения и др.), необходимых для ликвидации возможных размывов и повреждений сооружений, а также перечень транспортных средств, спецодежды, инструментов и оборудования.

В подготовительные работы перед паводком (паводком) включаются следующие мероприятия:

общий осмотр паводковой комиссией состояния гидротехнических сооружений;

проверка работоспособности КИА;

завершение плановых ремонтов всех гидротехнических сооружений, в т.ч. устройств, обеспечивающих отвод талых и дренажных вод;

проверка действия затворов и оборудования, работа которых связана с пропуском высоких вод; выполнение мероприятий по обеспечению надежной работы затворов и их подъемных устройств;

разборка или удаление временных сооружений и конструкций, устанавливаемых на морозный период (запаней, тепляков, потокообразователей и др.);

дополнительное укрепление откосов грунтовых сооружений и берегов в местах, подверженных размыву; защита линий электропередач, расположенных в пойменных участках, от подмыва оснований и воздействия льда во время ледохода; расчистка от снега и наледей нагорных канав у сооружений, кюветов на гребне и бермах плотин;

вывоз до наступления высоких вод с затопляемых территорий оборудования, механизмов, материалов и др.;

подготовка к возможному выполнению мероприятий по ослаблению ледяного покрова, в т.ч., при необходимости, к производству взрывных работ;

разработка и согласование с местными органами власти и другими организациями совместных планов действий в случае аварийных ситуаций при прохождении ледохода и высоких вод, в т.ч. по оказанию помощи эксплуатирующей организации;

организация аварийных бригад на время пропуска половодья (паводков), обучение их производству работ, которые могут потребоваться при пропуске паводка (дробление льда и взрывные работы, подводная каменная наброска, фашинные крепления, механизированный и ручной водоотливы и т.п.), проведение инструктажа по технике безопасности;

усиление электроосвещения акватории в зоне водосбросов;

проверка и поддержание в исправном состоянии проездов и подъездов для автотранспорта к гидротехническим сооружениям и складам аварийного запаса с учетом неблагоприятных метеорологических условий (дождь, снежный покров, обледенение).

Срок окончания подготовительных работ должен устанавливаться в зависимости от местных условий, но не позднее чем за 15 дней до начала половодья, определенного прогнозом согласно информации от организаций, осуществляющих гидрометеорологические наблюдения. Должен осуществляться ежедневный контроль за своевременным выполнением мероприятий, предусмотренных планом по пропуску половодья.

В стандарте ГЭС (производственной инструкции), в разделе по эксплуатации гидротехнических сооружений, должен быть приведен перечень работ, выполняемых на гидроузле в период подготовки и прохождения паводка с распределением обязанностей эксплуатационного персонала на этот период.

Для каждой конкретной ГЭС должна быть разработана схема оптимального маневрирования затворами в зависимости от прохождения паводка, обеспечивающая наиболее благоприятные условия сопряжения потока в нижнем бьефе и не приводящая к повреждениям сооружений, разрушению креплений и подмывам дна, с учетом режима работы гидроагрегатов ГЭС.

При этом должны соблюдаться следующие требования:

открытие водосбросных отверстий должно производиться ступенями с распределением расхода по всему водосбросному фронту;

если водосливные отверстия имеют разные отметки водобоя, то первоочередной сброс воды следует осуществлять через отверстия, имеющие более низкую отметку водобоя;

создавать симметричное направление потока из отверстий водосброса с распределением его по всей ширине нижнего бьефа;

не допускать сосредоточенных сбросов воды, открывая отверстия подряд, особенно при низких уровнях нижнего бьефа.

Режим работы водосбросных сооружений устанавливается проектом с последующим уточнением по мере накопления опыта эксплуатации и заносится в стандарт ГЭС (производственной инструкцией). Возможные отступления от порядка работы водосбросных отверстий с целью сброса плавающего льда, шуги и мусора должны быть также отмечены в стандарте ГЭС (производственной инструкции).

Оповещение о сбросах воды в установленном порядке должно передаваться местным органам управления. Информация об этом населения и всех заинтересованных организаций осуществляется в установленном для каждой ГЭС порядке.

На гидроузлах, где для пропуска высоких паводков предусмотрена форсировка, повышение уровня воды выше отметки НПУ допустимо только при работающих турбинах (если работа турбин возможна) и полностью открытых всех водосбросных и водопропускных отверстиях. При снижении притока воды отметка уровня воды должна быть в кратчайшее время понижена до НПУ.

После прохождения половодья (паводка) все гидротехнические сооружения, особенно крепления нижнего бьефа, а также оборудование, должны быть осмотрены, выявлены повреждения и назначены сроки их устранения.

Эксплуатация гидротехнических сооружений в морозный период

При подготовке гидротехнических сооружений и гидроузла к эксплуатации в зимних условиях до начала периода с отрицательной температурой воздуха должен быть разработан план мероприятий по результатам комиссионных осмотров гидротехнических сооружений с учетом опыта эксплуатации ГЭС и гидрометеопрогнозов.

В план подготовки должны быть включены следующие мероприятия:

проверка готовности к действию затворов, предназначенных для работы в зимний период, и механизмов, их обслуживающих, а также исправности уплотнений;

проверка готовности шугосбросных устройств, решеткоочистительных механизмов;

проверка действия воздухообдувной сети или потокообразователей (при их наличии);

проверка исправности устройств для обогрева и утепления затворов, решеток, пазов, закладных частей и механизмов подъема;

подготовка и проверка утепления аэрационных устройств, уравнильных резервуаров (башен), крышек дренажных люков, измерительных устройств и смотровых колодцев;

подготовка к эксплуатации в зимний период помещений, подверженных промораживанию (утепление дверей, проверка отопительной системы и т.п.), причем в первую очередь – помещений дренажных устройств и помещений с контрольно-измерительной аппаратурой;

подготовка контрольно-измерительной аппаратуры к работе в зимний период;

проверка исправности освещения и связи в первую очередь на акватории, примыкающей к аванкамере и водосбросным сооружениям, в местах расположения аэрационных и дренажных устройств;

подготовка инструментов и приспособлений (багров, граблей, пешней и т.п.);

подготовка подъездов на сооружения;

организация сменных бригад по сбросу льда, шуги и т.п.

Затворы и сооружения, не рассчитанные на эксплуатацию при давлении сплошного ледяного поля, в течение всего зимнего периода должны быть защищены устройством полынни. Поддержание полынни, как правило, осуществляется механическими средствами (потокообразователями и барботажными установками), а в отдельных случаях можно применять искусственное утепление (при достаточно стабильном верхнем бьефе).

Сооружения гидроузла и персонал ГЭС должны быть подготовлены к пропуску льда в период ледохода. Необходимость в пропуске льда через створ

зависит от размеров водохранилища, характера вскрытия реки и сроков половодья. Желательно создать такие условия, при которых таяние льда происходит в водохранилище.

Пропуск льда должен производиться через поверхностные водосбросные отверстия с обеспечением достаточного слоя воды над порогом во избежание его повреждения. Открытие затворов должно составлять $(0,2-0,4)H$ (H – максимальный напор на водосливе), что позволяет осуществлять наиболее успешный пропуск льда. При прогнозе тяжелого ледохода желательно до начала сброса льда принять меры по ослаблению ледового поля. К таким мерам относятся чернение ледяных полей, проведение ледокольных и взрывных работ.

При образовании заторов льда и больших ледяных масс, опасных для сооружения, ликвидация их должна осуществляться взрывным способом. очередность взрывов льда в нижнем бьефе производится снизу вверх по течению реки. При этом должны быть обеспечены нормы безопасности при проведении взрывных работ.

Во избежание разрушения крепления в нижнем бьефе при сбросе льда надо, по возможности, обеспечивать поверхностный режим сопряжения потока. Целесообразно принятие мер по ускорению вскрытия реки в нижнем бьефе для предотвращения образования заторов.

Для предотвращения шугообразования в период ледостава необходимо выполнение мероприятий, способствующих ускорению образования льда.

Борьба с шугой должна вестись следующими способами:

аккумуляция шуги в верхнем бьефе и водохранилище с целью создания благоприятных условий для быстрого льдообразования при приближении температуры воды к минусовым значениям;

сброс шуги с помощью специальных шугосбросных устройств и водосбросных сооружений. При этом транспортирующая скорость воды в водопроводящих трактах должна быть достаточной для обеспечения транзита шуги и предотвращения возможности забивки тракта;

сброс шуги через гидротурбины с частичным или полным удалением решеток при возникновении угрозы забивки шугой решеток и образования пере-

падов, превышающих проектные величины (при техническом обосновании в каждом случае) для обеспечения бесперебойной работы системы технического водоснабжения;

установка в зимний период специальных решеток с большими пролетами между стержнями.

В период ледостава, при снижении температуры воздуха ниже 0°C и охлаждении воды ниже $+1^{\circ}\text{C}$, необходима организация непрерывного контроля за температурой воды для установления момента ее переохлаждения. Для обнаружения появления шуги целесообразно использование шугосигнализаторов.

При использовании отстойника головного узла для сброса шуги необходимо тщательно следить за толщиной шугового слоя, оставляя нижнюю треть камеры свободной от шуги для предотвращения полного промерзания камеры отстойника на всю глубину и невозможности дальнейшего промыва.

Камеры отстойника должны тщательно промываться с достаточным отгоном шуги в нижний бьеф во избежание закупорки отверстий грязеспуска со стороны нижнего бьефа.

При исчерпании или недостаточной аккумулярующей способности верхнего бьефа головного узла в целях экономии расхода воды и поддержания нормальных режимов работы деривации транзит шуги может осуществляться через деривацию.

Для беспрепятственного движения шуги в пределах сооружений головного узла и деривационного тракта необходимо выполнить следующие мероприятия:

ГЭС должна быть выведена из работы в пиковом режиме;

все препятствия, мешающие плавному и равномерному движению шуги, должны быть устранены;

должны быть обеспечены скорости течения воды, транспортирующие шугу вдоль всей трассы посредством снижения уровня воды в верхнем бьефе и в деривационном канале;

для предупреждения образования зажоров в деривации (в период прохождения шуги) в напорном бассейне должен поддерживаться уровень воды на от-

метках, обеспечивающих равномерный режим работы всего канала и работу шугосбросных отверстий;

при прохождении через отстойник шуга должна пропускаться через приспособленную для этого камеру; при больших пропускаемых расходах возможно использование двух камер; затворы и решетки зимних камер отстойника должны быть полностью извлечены из воды;

пропуск шуги через напорные водоводы должен осуществляться при скоростях течения воды, обеспечивающих транзит шуги.

В стандарте ГЭС (производственной инструкции) должны быть указаны места на деривационном тракте, где могут образовываться забереги, для своевременного скалывания льдин в целях предупреждения увеличения их толщины.

Готовность сооружений к работе в зимних условиях проверяется комиссией по подготовке к зиме.

Обеспечение безопасности гидротехнических сооружений в чрезвычайных и аварийных ситуациях

В стандарте ГЭС (производственной инструкции) должен быть изложен план действий эксплуатационного персонала при возникновении на гидротехнических сооружениях аварийных и чрезвычайных ситуаций.

Действия персонала должны быть направлены на устранение возможных причин, создающих угрозу аварии, а в случае невозможности их устранения – на выполнение мероприятий по уменьшению ущерба от аварии.

Планом должны быть определены:

меры по оповещению персонала и местного населения об угрозе возникновения аварийной ситуации, основные и резервные средства связи;

места размещения и объемы аварийных материалов и инструментов;

привлекаемые транспортные средства и основные маршруты их передвижения.

Немедленному устранению подлежат нарушения и процессы в работе гидротехнических сооружений и механического оборудования, представляю-

щие опасность для людей и создающие угрозу устойчивости и работоспособности основных гидротехнических сооружений и технологического оборудования.

К таким нарушениям и процессам отнесены:

резкое усиление фильтрационных процессов и суффозионных явлений с образованием просадочных зон и оползневых участков;

неравномерная осадка гидротехнических сооружений и их оснований, превышающая предельно допустимые значения и создающая угрозу их устойчивости;

забивка (заносы, завалы и т.п.) водопропускных и водосбросных сооружений, что может привести к переливу воды через гребень с последующим разрушением сооружения;

выход из строя основных затворов или их подъемных механизмов, водосбросных и водопропускных устройств.

В стандарте ГЭС (производственной инструкции) должны быть отмечены наиболее вероятные причины и признаки возникновения аварийных ситуаций и составлен план действия персонала по их устранению.

Причинами возникновения аварийных ситуаций могут быть:

прохождение высокого паводка с расходами, превышающими расчетную или фактическую пропускную способность водопропускных сооружений гидроузла;

воздействие селевых потоков и лавин большой мощности;

сейсмические явления;

различного рода обвалы и оползания горных склонов, в т.ч. в водохранилище с образованием высоких волн;

катастрофические атмосферные осадки (ливень, снегопад), ледовые и шуговые явления;

ухудшение неблагоприятного фильтрационного режима в районе расположения гидроузла, оснований и примыканий гидротехнических сооружений;

снижение прочности и устойчивости гидротехнических сооружений и их отдельных элементов, вызванные нарушениями правил эксплуатации, некаче-

ственным выполнением строительного-монтажных работ и вследствие ошибок, допущенных при проектировании;

отказы в работе гидромеханического оборудования;

террористические акты.

При угрозе возникновения аварийных ситуаций необходимо организовать усиленный контроль за состоянием возможных зон повышенной опасности, а также иметь постоянную информацию от соответствующих государственных органов об угрозе возникновения стихийных явлений.

При наличии информации об угрозе возникновения катастрофических явлений предупредительными мерами по ликвидации аварий и уменьшению ущерба могут быть:

снижение уровня воды в водохранилище;

наращивание гребней и укрепление откосов плотин;

устройство «плавких вставок» в наиболее легко восстанавливаемых частях гидротехнических сооружений;

устройство водоотбойных и струенаправляющих дамб и перемычек;

перемещение в безопасное место оборудования и механизмов или обеспечение их защиты от возможных повреждений;

обеспечение возможности открытия всех водосбросных отверстий; в случае необходимости – подрыв заклинившихся затворов.

К стандарту ГЭС (производственной инструкции) должна прилагаться заранее разработанная проектная документация по возможному предотвращению и ликвидации наиболее вероятных аварийных разрушений гидротехнических сооружений. Реализация мероприятий, предусмотренных проектной документацией, должна быть согласована с местными органами власти и подразделениями ГО и ЧС. Порядок реализации должен быть отражен в декларации безопасности.

Противоаварийные устройства, водоотливные и спасательные средства должны содержаться в исправном состоянии и периодически проверяться.

Во всех случаях, когда возникает угроза разрушения гидротехнических сооружений, необходимо срочное оповещение в установленном порядке всех

населенных пунктов, расположенных ниже ГТС, и эвакуация населения из опасной зоны.

Обязанности собственника гидротехнического сооружения и эксплуатирующей организации

Собственник гидротехнического сооружения и эксплуатирующая организация обязаны:

обеспечивать соблюдение норм и правил безопасности гидротехнических сооружений при их строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, ремонте, реконструкции, консервации, выводе из эксплуатации и ликвидации;

обеспечивать контроль (мониторинг) за показателями состояния гидротехнического сооружения, природных и техногенных воздействий и на основании полученных данных осуществлять оценку безопасности гидротехнического сооружения, в том числе регулярную оценку безопасности гидротехнического сооружения и анализ причин ее снижения с учетом работы гидротехнического сооружения в каскаде, вредных природных и техногенных воздействий, результатов хозяйственной и иной деятельности, в т.ч. деятельности, связанной со строительством и с эксплуатацией объектов на водных объектах и на прилегающих к ним территориях ниже и выше гидротехнического сооружения;

обеспечивать разработку и своевременное уточнение критериев безопасности гидротехнического сооружения;

развивать системы контроля за состоянием гидротехнического сооружения;

систематически анализировать причины снижения безопасности гидротехнического сооружения и своевременно осуществлять разработку и реализацию мер по обеспечению технически исправного состояния гидротехнического сооружения и его безопасности, а также по предотвращению аварии гидротехнического сооружения;

обеспечивать проведение регулярных обследований гидротехнического сооружения;

создавать финансовые и материальные резервы, предназначенные для ликвидации аварии гидротехнического сооружения;

организовывать эксплуатацию гидротехнического сооружения и обеспечивать соответствующую нормам и правилам квалификацию работников эксплуатирующей организации;

поддерживать в постоянной готовности локальные системы оповещения о чрезвычайных ситуациях на гидротехнических сооружениях;

осуществлять по вопросам предупреждения аварий гидротехнического сооружения взаимодействие с органом управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям; незамедлительно информировать об угрозе аварии гидротехнического сооружения федеральный орган исполнительной власти по надзору в области безопасности гидротехнических сооружений, другие заинтересованные государственные органы, органы местного самоуправления и в случае непосредственной угрозы прорыва напорного фронта – население и организации в зоне возможного затопления;

содействовать федеральному органу исполнительной власти по надзору в области безопасности гидротехнических сооружений в реализации его функций;

совместно с органами местного самоуправления информировать население о вопросах безопасности гидротехнических сооружений;

финансировать мероприятия по эксплуатации гидротехнического сооружения, обеспечению его безопасности, а также работы по предотвращению и ликвидации последствий аварий гидротехнического сооружения.

Собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация несет ответственность за безопасность гидротехнического сооружения (в том числе возмещает в соответствии со статьями 16, 17 и 18 настоящего Федерального закона ущерб, нанесенный в результате аварии гидротехнического сооружения) вплоть до момента перехода прав собственности к другому физическому или юридическому лицу либо до полного завершения работ по ликвидации гидротехнического сооружения.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения

На стадиях проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации гидротехнического сооружения, а также

после его реконструкции, капитального ремонта, восстановления либо консервации собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация составляет декларацию безопасности гидротехнического сооружения.

Декларация безопасности гидротехнического сооружения является основным документом, который содержит сведения о соответствии гидротехнического сооружения критериям безопасности.

Содержание декларации безопасности гидротехнического сооружения и порядок ее разработки устанавливает Правительство Российской Федерации с учетом специфики гидротехнического сооружения.

Собственник гидротехнического сооружения или эксплуатирующая организация представляет декларацию безопасности гидротехнического сооружения в орган надзора за безопасностью гидротехнических сооружений. Поступление в указанный орган декларации безопасности гидротехнического сооружения, разрабатываемой в составе проектной документации, прошедшей государственную экспертизу в соответствии с законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности, либо утверждение таким органом декларации безопасности гидротехнического сооружения, составляемой на стадии эксплуатации, вывода из эксплуатации гидротехнического сооружения, а также после его реконструкции, капитального ремонта, восстановления или консервации, является основанием для внесения гидротехнического сооружения в Регистр и получения разрешения на эксплуатацию или вывод из эксплуатации гидротехнического сооружения либо на его восстановление или консервацию.

4.3. Прогнозирование и оценка обстановки при аварии на гидротехническом сооружении

При разрушении гидротехнических сооружений (ГТС), к числу которых относятся плотины, запруды и т.п., при недостаточном водосбросе (перелив воды через гребень плотины) образуется волна прорыва, характеризуемая высотой гребня h , м и скоростью v , м/с, определяемыми по формулам:

$$h = \frac{A_h}{\sqrt{B_h + i}}; \quad (4.1)$$

$$v = \frac{A_v}{\sqrt{B_v + i}}, \quad (4.2)$$

где A_h , B_h , A_v , B_v – коэффициенты, зависящие от высоты уровня воды в верхнем бьефе плотины (уровня воды водохранилища) H_0 , м, гидравлического уклона реки (превышение в метрах высоты уровня реки на 1000 м длины) i и параметров прорана в безразмерном виде (проран – узкий проток в теле плотины) B , значения которых приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Значения коэффициентов А и В при уклонах реки

H_0 , м	В	$i = 1 \cdot 10^{-4}$				$i = 1 \cdot 10^{-3}$			
		A_h	B_h	A_v	B_v	A_h	B_h	A_v	B_v
20	1	100	90	9	7	40	10	16	21
40		280	150	20	9	110	30	32	24
80		720	286	39	12	300	60	62	29
20	0,5	128	204	11	11	56	51	18	38
40		340	332	19	14	124	89	32	44
80		844	588	34	17	310	166	61	52
20	0,25	140	192	8	21	40	38	15	43
40		220	388	13	21	108	74	30	50
80		880	780	23	21	316	146	61	65

Время прихода гребня $t_{гр}$, ч, и фронта $t_{ф}$, ч, волны прорыва определяются по табл. 4.2 в зависимости от H_0 , м, i и удаленности створа объекта от гидротехнического сооружения L , м (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Время прихода гребня $t_{гр}$, ч, и фронта $t_{ф}$, ч, волны прорыва

L , м	$H_0 = 20$				$H_0 = 40$				$H_0 = 80$			
	$i = 1 \cdot 10^{-4}$		$i = 1 \cdot 10^{-3}$		$i = 1 \cdot 10^{-4}$		$i = 1 \cdot 10^{-3}$		$i = 1 \cdot 10^{-4}$		$i = 1 \cdot 10^{-3}$	
	$t_{ф}$	$t_{гр}$										
5	0,2	1,8	0,2	1,2	0,1	2	0,1	1,2	0,1	1,1	0,1	0,2
10	0,5	4	0,6	2,4	0,3	3	0,3	2	0,2	1,7	0,1	0,4
20	1,6	7	2	5	1,0	6	1	4	0,5	3	0,4	1
40	5	14	4	10	3,0	10	2	7	1,2	5	1	2
80	13	30	11	21	8	21	6	14	3	9	3	4

Продолжительность затопления территории объекта $t_{зат}$, ч, определяется по формуле:

$$t_{\text{зат}} = \beta (t_{\text{гр}} - t_{\text{ф}}) (1 - h_{\text{м}}/h), \quad (4.3)$$

где β – коэффициент, зависящий от высоты плотины H_0 , м, гидравлического уклона реки i и расстояния до объекта L , км (таблица 4.3); $h_{\text{м}}$ – высота месторасположения объекта, м; h – высота подъема воды, м.

Таблица 4.3

Значения коэффициента β

$i L / H_0$	Высота плотины H_0 , в долях от средней глубины реки в нижнем бьефе (h_0)	
	$H_0 = 10 \cdot h_0$	$H_0 = 20 \cdot h_0$
0,05	15,5	18,0
0,1	14,0	16,0
0,2	12,5	14,0
0,4	11,0	12,0
0,8	9,5	10,8
1,6	8,3	9,9

В зависимости от скорости движения и высоты гребня волны прорыва степень разрушения зданий и сооружений будет различной (табл. 4.4).

Таблица 4.4

Значения параметров волны прорыва, приводящие к разрушениям объектов

Наименование объекта	Степень разрушения					
	сильная		средняя		слабая	
	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м	v , м/с	h , м
1	2	3	4	5	6	7
Здания и сооружения портов						
1. Сборные деревянные жилые дома	3	2	2,5	1,5	1,0	1,0
2. Деревянные дома (1-2 этажа)	3,5	2,0	2,5	1,5	1,0	1,0
3. Кирпичные многоэтажные здания (1-3 этажа)	4,0	2,4	3,0	2,0	2,0	1,0
4. Промышленные здания с легким металлическим каркасом	5,0	2,5	3,5	2,0	2,0	1,0
5. Кирпичные дома средней этажности (4 этажа)	6,0	3,0	4,0	2,5	2,5	1,5
6. Промышленные здания с железобетонным каркасом	7,5	4,0	6,0	3,0	3,0	1,5
7. Бетонные и железобетонные здания	12,0	4,0	9,0	3,0	4,0	1,5
8. Стенки, набережные и пирсы на деревянных сваях	4,0	6,0	2,0	4,0	1,0	1,0
9. Стенки, набережные и пирсы с заполнением камнем	5,0	6,0	3,0	4,0	1,0	1,0
10. Стенки, набережные и пирсы на ж/б и металлических сваях	6,0	6,0	3,0	4,0	1,0	2,0
11. Стенки, набережные, молы, волноломы из кладки массивов	7,0	6,0	4,0	4,0	2,0	2,0

Продолжение табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7
Оборудование портов и промышленных предприятий						
12. Станочное оборудование	3,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
13. Оборудование химических и электротехнических цехов	4,0	1,5	3,0	1,5	1,0	1,0
14. Стапели и стапельные места судостроительных и судоремонтных заводов	4,0	4,0	3,0	3,0	2,0	1,0
15. Трансформаторные подстанции	5,0	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0
16. Крановое оборудование: порталные краны						
5 т	6,0	4,0	6,0	2,0	2,0	1,5
10 т	8,0	5,0	6,0	2,0	2,0	2,0
16 т	8,0	6,0	6,0	3,0	2,0	2,0
17. Мостовой перегружатель						
16 т	10,0	9,0	6,0	4,0	2,0	2,0
Мосты, дороги и транспортные средства						
18. Деревянные мосты	1,0	2,0	1,0	1,5	0,0	0,5
19. Железобетонные мосты	2,0	3,0	1,0	2,0	0,0	0,5
20. Металлические мосты и путепроводы	2,0	3,0	1,0	2,0	0,0	0,5
21. Железнодорожные пути	2,0	2,0	1,0	1,0	0,5	0,5
22. Дороги с гравийным покрытием	2,5	2,0	1,0	1,5	0,5	0,5
23. Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	4,0	3,0	2,0	1,5	1,0	1,0
24. Автомобили	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0	1,0
25. Подвижной состав	3,5	3,0	3,0	1,5	1,5	1,0
Плавучие средства						
26. Мелкие речные суда	5,0	2,0	4,0	1,5	2,0	1,5
27. Вспомогательные суда (плав. краны,..)	7,0	2,0	4,0	1,5	2,0	1,5
28. Крупные речные пассажирские и грузовые суда	9,0	2,0	5,0	1,5	3,0	1,5
29. Плавучие доки	8,0	2,0	5,0	1,5	3,0	1,5
30. Плавучие причалы	9,0	2,0	6,0	2,0	3,0	2,0

4.4. Задание и исходные данные к практической работе

Цель работы

1. Ознакомление с методикой заблаговременного и оперативного прогнозирования масштабов последствий аварии на гидротехническом сооружении.
2. Приобретение практического навыка работы с методиками, изложенными в официальных нормативных правовых актах в области обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях на ГОО.

3. Нарботка самостоятельного опыта ведения анализа полученных результатов и умения предлагать решения, выводы и предложения по конкретной задаче.

4. Получение практических навыков работы по определению степени разрушения от воздействия волны прорыва при авариях на ГТС.

Задание.

1. Провести заблаговременный оперативный прогноз возможной обстановки, сложившейся в результате аварии на ГТС.

2. Определить характеристики волны прорыва.

3. Определить продолжительность затопления территории объекта.

4. Определить степень воздействия волны прорыва на промышленные объекты.

5. Промышленный объект выбирается из табл. 4.4. Номер варианта задания соответствует номеру объекта в табл. 4.4.

Условные обозначения

Расстояние от ГТС до объекта промышленности, L , км;

Уровень воды в водохранилище, H_0 , м;

Величина прорана в безразмерном виде, B ;

Гидравлический уклон, i ;

Высота места объекта относительно нормального уровня реки, h_0 , м;

Средняя глубина реки в нижнем бьефе, h_m , м.

Таблица 4.5

Исходные данные к вариантам задания

№ п/п	L , км	H_0 , м	B	i	h_0 , м	h_m , м
1	2	3	4	5	6	7
1	5	20	0,25	10^{-2}	3,0	2,0
2	10	25	0,5	10^{-3}	3,5	2,5
3	15	30	0,75	10^{-4}	4,0	3,0
4	20	35	1,0	10^{-4}	4,5	3,5
5	25	40	0,25	10^{-3}	5,0	4,0
6	30	20	0,5	10^{-2}	5,5	3,5
7	35	25	0,75	10^{-2}	6,0	3,0
8	40	30	1,0	10^{-3}	3,0	2,0
9	45	35	0,25	10^{-4}	3,5	2,5
10	50	40	0,5	10^{-4}	4,0	3,0

Продолжение табл. 4.5

1	2	3	4	5	6	7
11	55	20	0,75	10^{-3}	4,5	3,5
12	60	25	1,0	10^{-2}	5,0	4,0
13	65	30	0,25	10^{-2}	5,5	3,5
14	70	35	0,5	10^{-3}	6,0	3,0
15	75	40	0,75	10^{-4}	3,0	2,0
16	80	20	1,0	10^{-4}	3,5	2,5
17	85	25	0,25	10^{-3}	4,0	3,0
18	90	30	0,5	10^{-2}	4,5	3,5
19	85	35	0,75	10^{-2}	5,0	4,0
20	80	40	1,0	10^{-3}	5,5	3,5
21	75	20	0,25	10^{-4}	6,0	3,0
22	60	25	0,5	10^{-4}	3,0	2,0
23	55	30	0,75	10^{-3}	3,5	2,5
24	50	35	1,0	10^{-2}	4,0	3,0
25	45	40	0,25	10^{-2}	4,5	3,5
26	40	20	0,5	10^{-3}	5,0	4,0
27	35	25	0,75	10^{-4}	5,5	3,5
28	30	30	1,0	10^{-4}	6,0	3,0
29	25	35	1,0	10^{-3}	5,5	3,0
30	20	40	0,70	10^{-2}	4,0	3,0

Вопросы для самоконтроля

1. Цель прогнозирования и оценки последствий аварии на ГТС.
2. Приведите классификацию ГТС.
3. Каким образом обеспечивается безопасность гидротехнических сооружений при их эксплуатации в экстремальных условиях?
4. Каковы обязанности собственника гидротехнического сооружения при его эксплуатации?
5. Назовите характеристики волны прорыва.

Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» с изм. и доп.
2. Федеральный закон от 4 мая 2011 г. N 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».
3. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.).

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 02.11.2013 г. № 986 «О классификации гидротехнических сооружений и критерии их отнесения».

5. Приказ МЧС России от 04.03.2011 № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (зар. в Минюсте России 5 апреля 2011 г., рег. № 20424).

6. Правила безопасности гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов (ПБ 03-438-02). – Серия 03. – Выпуск 14 / коллектив авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 36 с.

7. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ» СТО 17330282.27.140.003-2008 Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. – М., 2008. – 80 с.

8. Методика определения критериев безопасности гидротехнических сооружений РД 153-34.2-21.342-00. – М., 2000. – 45 с.

9. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М.: Абрис, 2012. – 599 с.

10. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: учеб. пособие / В.И. Юртушкин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 368 с.

Глава 5. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

5.1. Основные понятия, термины и определения

В учебном пособии приведены основные термины, понятия и определения в соответствии с их изложением в ФЗ №-69 «О пожарной безопасности» и ФЗ №-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Аварийный выход – дверь, люк или иной выход, которые ведут на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону, используются как дополнительный выход для спасания людей, но не учитываются при оценке соответствия необходимого количества и размеров эвакуационных путей и эвакуационных выходов и которые удовлетворяют требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре.

Безопасная зона – зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют.

Взрыв – быстрое химическое превращение среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов.

Взрывоопасная смесь – смесь воздуха или окислителя с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей, горючими пылями или волокнами, которая при определенной концентрации и возникновении источника инициирования взрыва способна взорваться.

Взрывопожароопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью возникновения взрыва и развития пожара.

Горючая среда – среда, способная воспламениться при воздействии источника зажигания.

Декларация пожарной безопасности – форма оценки соответствия, содержащая информацию о мерах пожарной безопасности, направленных на обеспечение на объекте защиты нормативного значения пожарного риска.

Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.

Индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

Источник зажигания – средство энергетического воздействия, инициирующее возникновение горения.

Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара.

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, в т.ч. особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях, строениях и пожарных отсеках технологических процессов производства.

Наружная установка – комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий, сооружений и строений.

Необходимое время эвакуации – время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Объект защиты – продукция, в т.ч. имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное имущество (включая объекты, расположенные на территориях поселений, а также здания, сооружения, строения, транспортные средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество), к которой установлены или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре.

Опасные факторы пожара – факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

Очаг пожара – место первоначального возникновения пожара.

Первичные средства пожаротушения – переносные или передвижные средства пожаротушения, используемые для борьбы с пожаром в начальной стадии его развития.

Пожарная безопасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

Пожарная опасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

Пожарный отсек – часть здания, сооружения и строения, выделенная противопожарными стенами и противопожарными перекрытиями или покрытиями, с пределами огнестойкости конструкции, обеспечивающими нераспространение пожара за границы пожарного отсека в течение всей продолжительности пожара.

Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризующая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара.

Пожароопасная (взрывоопасная) зона – часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии).

Предел огнестойкости конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) – промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) предельных состояний.

Противопожарная преграда – строительная конструкция с нормированными пределом огнестойкости и классом конструктивной пожарной опасности конструкции, объемный элемент здания или иное инженерное решение, предназначенные для предотвращения распространения пожара из одной части здания, сооружения, строения в другую или между зданиями, сооружениями, строениями, зелеными насаждениями.

Противопожарный разрыв (противопожарное расстояние) – нормированное расстояние между зданиями, строениями и (или) сооружениями, устанавливаемое для предотвращения распространения пожара.

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара на объекте защиты.

Система противопожарной защиты – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

Степень огнестойкости зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений, строений и отсеков.

Устойчивость объекта защиты при пожаре – свойство объекта защиты сохранять конструктивную целостность и (или) функциональное назначение при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара.

Эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара.

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

Противопожарный режим – требования пожарной безопасности, устанавливающие правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий, зданий, сооружений, помещений организаций и других объектов в целях обеспечения пожарной безопасности.

Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

Профилактика пожаров – совокупность превентивных мер, направленных на исключение возможности возникновения пожаров и ограничение их последствий.

5.2. Система обеспечения пожарной безопасности объекта

Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, целями которой являются предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Система предотвращения пожара

Целью создания систем предотвращения пожаров является исключение условий возникновения пожаров.

Исключение условий возникновения пожаров достигается исключением условий образования горючей среды и (или) исключением условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания.

Исключение условий образования горючей среды должно обеспечиваться одним или несколькими из следующих способов:

- 1) применение негорючих веществ и материалов;
- 2) ограничение массы и (или) объема горючих веществ и материалов;
- 3) использование наиболее безопасных способов размещения горючих веществ и материалов, а также материалов, взаимодействие которых друг с другом приводит к образованию горючей среды;
- 4) изоляция горючей среды от источников зажигания (применение изолированных отсеков, камер, кабин);
- 5) поддержание безопасной концентрации в среде окислителя и (или) горючих веществ;
- 6) понижение концентрации окислителя в горючей среде в защищаемом объеме;
- 7) поддержание температуры и давления среды, при которых распространение пламени исключается;
- 8) механизация и автоматизация технологических процессов, связанных с обращением горючих веществ;
- 9) установка пожароопасного оборудования в отдельных помещениях или на открытых площадках;
- 10) применение устройств защиты производственного оборудования, исключающих выход горючих веществ в объем помещения, или устройств, исключающих образование в помещении горючей среды;
- 11) удаление из помещений, технологического оборудования и коммуникаций пожароопасных отходов производства, отложений пыли, пуха.

Исключение условий образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания должно достигаться одним или несколькими из следующих способов:

- 1) применение электрооборудования, соответствующего классу пожароопасной и (или) взрывоопасной зоны, категории и группе взрывоопасной смеси;
- 2) применение в конструкции быстродействующих средств защитного отключения электроустановок и других устройств, приводящих к появлению источников зажигания;

- 3) применение оборудования и режимов проведения технологического процесса, исключающих образование статического электричества;
- 4) устройство молниезащиты зданий, сооружений, строений и оборудования;
- 5) поддержание безопасной температуры нагрева веществ, материалов и поверхностей, которые контактируют с горючей средой;
- 6) применение способов и устройств ограничения энергии искрового разряда в горючей среде до безопасных значений;
- 7) применение искробезопасного инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;
- 8) ликвидация условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов и изделий;
- 9) исключение контакта с воздухом пирофорных веществ;
- 10) применение устройств, исключающих возможность распространения пламени из одного объема в смежный.

Система противопожарной защиты

Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечиваются снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и (или) тушением пожара.

Системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов:

- 1) применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага;

2) устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

3) устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;

4) применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара;

5) применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и строений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации;

6) применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций;

7) устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры;

8) устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты;

9) применение первичных средств пожаротушения;

10) применение автоматических установок пожаротушения;

11) организация деятельности подразделений пожарной охраны.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Организационно-технические мероприятия должны включать: организацию пожарной охраны – профессиональной или добровольной; паспортизацию веществ, материалов, изделий, технологических процессов, зданий и сооружений объектов в части обеспечения пожарной безопасности;

привлечение общественности к вопросам обеспечения пожарной безопасности; составление инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами;

организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве, а населения – в порядке, установленном правилами пожарной безопасности соответствующих объектов пребывания людей; отработку действий администрации, рабочих и служащих в случае возникновения пожара и эвакуации людей;

разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;

изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;

порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;

нормирование численности людей на объекте по условиям безопасности их при пожаре;

разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей;

основные виды, количество, размещение и обслуживание пожарной техники, которая должна обеспечивать эффективное тушение пожара (загорания), быть безопасной для природы и людей.

5.3. Методика прогнозирования пожарной обстановки

Под пожарной обстановкой понимаются масштабы и плотность пожаров, возникающих и развивающихся на промышленных объектах и в прилегающих к ним объектах и лесных массивах, оказывающие влияние на работу объектов, жизнедеятельность их персонала и населения, а также на ликвидацию последствий аварий.

Выявление пожарной обстановки осуществляется методами прогнозирования и по данным пожарной разведки.

Оценка пожарной обстановки заключается в определении:

1. Устойчивости отдельных элементов и объектов в целом к огневому воздействию.
2. Возможности возгорания зданий и сооружений и распространения пожара.
3. Влияния пожарной обстановки на работу отдельных элементов и объекта экономики в целом, а также на жизнедеятельность населения.
4. Способов, сил и средств для локализации и ликвидации пожаров.

Пожарная обстановка зависит от:

1. Категории пожарной опасности производства.
2. Степени огнестойкости и этажности зданий.
3. Характера (плотности) застройки.
4. Метеорологических условий (облачность, направления и скорости ветра, времени года).
5. Класса пожарной опасности и степени огнестойкости зданий.

Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности

В учебном пособии приводится методика определения категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Классификация зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности применяется для установления требований пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и обеспечение противопожарной защиты людей и имущества в случае возникновения пожара в зданиях, сооружениях, строениях и помещениях.

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).

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.

К категории А относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 килопаскалей, 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.

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

К категориям В1-В4 относятся помещения, в которых находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в т.ч. 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.

Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указан-

ном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку.

К категории Г относятся помещения, в которых находятся (обращаются) 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.

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

5.3.1. Методика определения категорий зданий

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, строении.

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

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

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% суммированной площади всех помещений или 200 квадратных метров.

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

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% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммированной площади всех помещений.

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

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% суммированной площади всех помещений.

Здание не относится к категории Г, если суммированная площадь помещений категорий А, Б, В1, В2, В3 и Г в здании не превышает 25% 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.

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

5.3.2. Методика определения категорий помещений А и Б

Выбор и обоснование расчетного варианта

При расчете критериев взрывопожарной опасности в качестве расчетного следует выбирать наиболее неблагоприятный вариант аварии или период нормальной работы аппаратов, при котором в образовании горючих газо-, паро-, пылевоздушных смесей участвует наибольшее количество газов, паров, пылей, наиболее опасных в отношении последствий сгорания этих смесей.

Количество поступивших в помещение веществ, которые могут образовывать горючие газовоздушные, паровоздушные, пылевоздушные смеси, определяется, исходя из следующих предпосылок:

- а) происходит расчетная авария одного из аппаратов;
- б) все содержимое аппарата поступает в помещение;
- в) происходит одновременно утечка веществ из трубопроводов, питающих аппарат, по прямому и обратному потокам в течение времени, необходимого для отключения трубопроводов.

Расчетное время отключения трубопроводов определяют в каждом конкретном случае, исходя из реальной обстановки, и должно быть минимальным с учетом паспортных данных на запорные устройства, характера технологического процесса и вида расчетной аварии.

* Расчетное время отключения трубопроводов следует принимать равным:

времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов;

120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

300 с при ручном отключении;

г) происходит испарение с поверхности разлившейся жидкости; площадь испарения при разливе на пол определяется (при отсутствии справочных данных), исходя из расчета, что 1 литр смесей и растворов, содержащих 70% и менее (по массе) растворителей, разливается на площади 0,5 м², а остальных жидкостей – на 1 м² пола помещения;

д) происходит также испарение жидкости из емкостей, эксплуатируемых с открытым зеркалом жидкости, и со свежеекрашенных поверхностей;

е) длительность испарения жидкости принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с.

Количество пыли, которое может образовать пылевоздушную смесь, определяется из следующих предпосылок:

а) расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыделения из негерметичного производственного оборудования);

б) в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Свободный объем помещения определяется как разность между объемом помещения и объемом, занимаемым технологическим оборудованием. Если свободный объем помещения определить невозможно, то его допускается принимать условно, равным 80% геометрического объема помещения.

Расчет избыточного давления для горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

Избыточное давление ΔP для индивидуальных горючих веществ, состоящих из атомов С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, определяется по формуле:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{св}} \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}, \quad (5.1)$$

где P_{\max} – максимальное давление, развиваемое при сгорании стехиометрической газовой или паровой смеси в замкнутом объеме, определяемое экспериментально или по справочным данным. При отсутствии данных допускается принимать P_{\max} равным 900 кПа;

P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

m – масса горючего газа (ГГ) или паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ), вышедших в результате расчетной аварии в помещение, вычисляемая для ГГ по формуле (5.6), а для паров ЛВЖ и ГЖ по формуле (5.11), кг;

Z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который может быть рассчитан на основе характера распределения газов и паров в объеме помещения согласно приложению Д. Допускается принимать значение Z по табл. 5.1;

$V_{\text{св}}$ – свободный объем помещения, м^3 ;

$\rho_{\text{г,п}}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре t_p , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$, вычисляемая по формуле

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367 t_p)}, \quad (5.2)$$

где M – молярная масса, $\text{м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

V_0 – мольный объем, равный $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$; t_p – расчетная температура, $^{\circ}\text{C}$.

В качестве расчетной температуры следует принимать максимально возможную температуру воздуха в данном помещении в соответствующей климатической зоне или максимально возможную температуру воздуха по технологическому регламенту с учетом возможного повышения температуры в аварийной ситуации. Если такого значения расчетной температуры t_p по каким-либо причинам определить не удастся, допускается принимать ее равной 61°C ;

$C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация ГГ или паров ЛВЖ и ГЖ, % (объемных), вычисляемая по формуле:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84\beta}, \quad (5.3)$$

где $\beta = n_{\text{C}} + \frac{n_{\text{H}} - n_{\text{X}}}{4} - \frac{n_{\text{O}}}{2}$ – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания; n_{C} , n_{H} , n_{O} , n_{X} – число атомов С, Н, О и галоидов в молекуле горючего; K_{H} – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения, допускается принимать K_{H} , равным трем.

Таблица 5.1

Значение коэффициента Z участия горючих газов и паров в горении

Вид горючего вещества	Значение Z
Водород	1,0
Горючие газы (кроме водорода)	0,5
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые до температуры вспышки и выше	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при наличии возможности образования аэрозоля	0,3
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, нагретые ниже температуры вспышки, при отсутствии возможности образования аэрозоля	0

Расчет ΔP для индивидуальных веществ, а также для смесей может быть выполнен по формуле:

$$\Delta P = \frac{m H_T P_0 Z}{V_{св} \rho_B C_p T_0} \cdot \frac{1}{K_H}, \quad (5.4)$$

где H_T – теплота сгорания, Дж · кг⁻¹; ρ_B – плотность воздуха при начальной температуре T_0 , кг · м⁻³; C_p – теплоемкость воздуха, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹ (допускается принимать равной $1,01 \cdot 10^3$, Дж · кг⁻¹ · К⁻¹); T_0 – начальная температура воздуха, К.

В случае обращения в помещении горючих газов, легковоспламеняющихся или горючих жидкостей при определении массы m , входящей в формулы (5.1) и (5.4), допускается учитывать работу аварийной вентиляции, если она обеспечена резервными вентиляторами, автоматическим пуском при превышении предельно допустимой взрывобезопасной концентрации и электроснабжением по первой категории надежности по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), при условии расположения устройств для удаления воздуха из помещения в непосредственной близости от места возможной аварии.

Допускается учитывать постоянно работающую общеобменную вентиляцию, обеспечивающую концентрацию горючих газов и паров в помещении, не превышающую предельно допустимую взрывобезопасную концентрацию, рассчитанную для аварийной вентиляции. Указанная общеобменная вентиляция должна быть оборудована резервными вентиляторами, включающимися автоматически при остановке основных. Электроснабжение указанной вентиляции должно осуществляться не ниже чем по первой категории надежности по ПУЭ.

При этом массу m горючих газов или паров легковоспламеняющихся или горючих жидкостей, нагретых до температуры вспышки и выше, поступивших в объем помещения, следует разделить на коэффициент K , определяемый по формуле:

$$K = AT + 1, \quad (5.5)$$

где A – кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, с⁻¹; T – продолжительность поступления горючих газов и паров легковоспламеняю-

щихся и горючих жидкостей в объем помещения, с (принимается по пункту методики, обозначенным *).

Масса m , кг, газа, поступившего в помещение при расчетной аварии, определяется по формуле:

$$m = (V_a + V_T)\rho_T, \quad (5.6)$$

где V_a – объем газа, вышедшего из аппарата, м³; V_T – объем газа, вышедшего из трубопроводов, м³.

При этом

$$V_a = 0,01P_1V, \quad (5.7)$$

где P_1 – давление в аппарате, кПа; V – объем аппарата, м³;

$$V_T = V_{1T} + V_{2T}, \quad (5.8)$$

где V_{1T} – объем газа, вышедшего из трубопровода до его отключения, м³; V_{2T} – объем газа, вышедшего из трубопровода после его отключения, м³;

$$V_{1T} = qT, \quad (5.9)$$

где q – расход газа, определяемый в соответствии с технологическим регламентом в зависимости от давления в трубопроводе, его диаметра, температуры газовой среды и т. д., м³ · с⁻¹; T – время, определяемое по пункту методики обозначенным *, с;

$$V_{2T} = 0,01 \cdot \pi P_2 (r_1^2 L_1 + r_2^2 L_2 + \dots + r_n^2 L_n), \quad (5.10)$$

где P_2 – максимальное давление в трубопроводе по технологическому регламенту, кПа; $r_{1,2,\dots,n}$ – внутренний радиус трубопроводов, м; $L_{1,2,\dots,n}$ – длина трубопроводов от аварийного аппарата до задвижек, м.

Масса паров жидкости m , поступивших в помещение при наличии нескольких источников испарения (поверхность разлитой жидкости, поверхность со свеженанесенным составом, открытые емкости и т. п.), определяется из выражения:

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{св.окр}}, \quad (5.11)$$

где m_p – масса жидкости, испарившейся с поверхности разлива, кг; $m_{\text{емк}}$ – масса жидкости, испарившейся с поверхностей открытых емкостей, кг; $m_{\text{св.окр}}$ – масса

жидкости, испарившейся с поверхностей, на которые нанесен применяемый состав, кг.

При этом каждое из слагаемых в формуле (5.11) определяется по формуле

$$m = WF_{\text{и}}T, \quad (5.12)$$

где W – интенсивность испарения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$; $F_{\text{и}}$ – площадь испарения, м^2 (определяемая в соответствии с пунктом методики, обозначенным *) в зависимости от массы жидкости $m_{\text{п}}$, вышедшей в помещение.

Если аварийная ситуация связана с возможным поступлением жидкости в распыленном состоянии, то она должна быть учтена в формуле (5.11) введением дополнительного слагаемого, учитывающего общую массу поступившей жидкости от распыляющих устройств, исходя из продолжительности их работ.

Массу $m_{\text{п}}$, кг, жидкости, вышедшей в помещение, определяют в соответствии с пунктом методики, обозначенным *.

Интенсивность испарения W определяется по справочным и экспериментальным данным. Для ненагретых выше расчетной температуры (окружающей среды) ЛВЖ при отсутствии данных допускается рассчитывать W по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \sqrt{M} \cdot P_{\text{н}}, \quad (5.13)$$

где η – коэффициент, принимаемый по табл. 5.2 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения; $P_{\text{н}}$ – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости $t_{\text{р}}$, определяемое по справочным данным, кПа.

Таблица 5.2

Значение коэффициента η в зависимости от скорости и температуры воздушного потока

Скорость воздушного потока в помещении, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	Значение коэффициента η при температуре t , °С, воздуха в помещении				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Масса паров m , кг, при испарении жидкости, нагретой выше расчетной температуры, но не выше температуры кипения жидкости, определяется по соотношению:

$$m = 0,02 \sqrt{M} \cdot P_n \frac{C_{ж} m_{п.}}{L_{исп}}, \quad (5.14)$$

где $C_{ж}$ – удельная теплоемкость жидкости при начальной температуре испарения, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $L_{исп}$ – удельная теплота испарения жидкости при начальной температуре испарения, определяемая по справочным данным, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

При отсутствии справочных данных допускается рассчитывать $L_{исп}$ по формуле:

$$L_{исп} = \frac{19,173 \cdot 10^3 B T_a^2}{(T_a + C_a - 273,2)^2 \cdot M}, \quad (5.15)$$

где B , C_a – константы уравнения Антуана, определяемые по справочным данным для давления насыщенных паров, измеряемого в кПа; T_a – начальная температура нагретой жидкости, К; M – молярная масса жидкости, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$.

Формулы (5.14) и (5.15) справедливы для жидкостей, нагретых от температуры вспышки и выше при условии, что температура вспышки жидкости превышает значение расчетной температуры.

Расчет избыточного давления взрыва для горючих пылей

Расчет избыточного давления ΔP , кПа, производится по формуле (5.4), где коэффициент Z участия взвешенной пыли в горении рассчитывают по формуле:

$$Z = 0,5F, \quad (5.16)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэрозвесь становится неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для оценки величины F допускается принимать $F = 1$.

Расчетную массу взвешенной в объеме помещения пыли m , кг, образовавшейся в результате аварийной ситуации, определяют по формуле:

$$m = \min \left\{ \begin{array}{l} m_{вз} + m_{аб} \\ \rho_{ст} V_{аб} / Z \end{array} \right., \quad (5.17)$$

где $m_{вз}$ – расчетная масса взвихрившейся пыли, кг; $m_{ав}$ – расчетная масса пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, кг; $\rho_{ст}$ – стехиометрическая концентрация горючей пыли в аэровзвеси, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $V_{ав}$ – расчетный объем пылевоздушного облака, образованного при аварийной ситуации в объеме помещения, м^3 .

В отсутствие возможности получения сведений для расчета $V_{ав}$ допускается принимать:

$$m = m_{вз} + m_{ав}. \quad (5.18)$$

Расчетную массу взвихрившейся пыли $m_{вз}$ определяют по формуле:

$$m_{вз} = K_{вз} m_{п}, \quad (5.19)$$

где $K_{вз}$ – доля отложившейся в помещении пыли, способной перейти во взвешенное состояние в результате аварийной ситуации. При отсутствии экспериментальных сведений о величине $K_{вз}$ допускается принимать $K_{вз} = 0,9$; $m_{п}$ масса отложившейся в помещении пыли к моменту аварии, кг.

Расчетную массу пыли, поступившей в помещение в результате аварийной ситуации, $m_{ав}$, определяют по формуле:

$$m_{ав} = (m_{ап} + qT)K_{п}, \quad (5.20)$$

где $m_{ап}$ – масса горючей пыли, выбрасываемой в помещение из аппарата, кг; q – производительность, с которой продолжается поступление пылевидных веществ в аварийный аппарат по трубопроводам до момента их отключения, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$; T – время отключения, определяемое по пункту методики, обозначенном *(в), с; $K_{п}$ – коэффициент пыления, представляющий отношение массы взвешенной в воздухе пыли ко всей массе пыли, поступившей из аппарата в помещение. При отсутствии экспериментальных данных о величине $K_{п}$ допускается принимать:

$K_{п} = 0,5$ – для пылей с дисперсностью не менее 350 мкм;

$K_{п} = 1,0$ – для пылей с дисперсностью менее 350 мкм.

Величину $m_{ап}$ принимают в соответствии с пунктом методики, обозначенном *.

Массу отложившейся в помещении пыли к моменту аварии определяют по формуле:

$$m_{\text{п}} = \frac{K_{\text{г}}}{K_{\text{у}}}(m_1 + m_2), \quad (5.21)$$

где $K_{\text{г}}$ – доля горючей пыли в общей массе отложений пыли; $K_{\text{у}}$ – коэффициент эффективности пылеуборки. Принимают равным 0,6 при сухой и 0,7 – при влажной пылеуборке (ручной). При механизированной вакуумной пылеуборке для ровного пола $K_{\text{у}}$ принимают равным 0,9; для пола с выбоинами (до 5% площади) – 0,7; m_1 – масса пыли, оседающей на труднодоступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между генеральными уборками, кг; m_2 – масса пыли, оседающей на доступных для уборки поверхностях в помещении за период времени между текущими уборками, кг.

Под труднодоступными для уборки площадями подразумевают такие поверхности в производственных помещениях, очистка которых осуществляется только при генеральных пылеуборках. Доступными для уборки местами являются поверхности, пыль с которых удаляется в процессе текущих пылеуборок (ежесменно, ежесуточно и т. п.).

Масса пыли m_i ($i = 1; 2$), оседающей на различных поверхностях в помещении за межуборочный период, определяется по формуле:

$$m_i = M_i(1 - \alpha)\beta_i, \quad (i = 1; 2), \quad (5.22)$$

где $M_1 = \sum_j M_{1j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между генеральными пылеуборками, кг; M_{1j} – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг; $M_2 = \sum_j M_{2j}$ – масса пыли, выделяющаяся в объем помещения за период времени между текущими пылеуборками, кг; M_{2j} – масса пыли, выделяемая единицей пылящего оборудования за указанный период, кг; α – доля выделяющейся в объем помещения пыли, которая удаляется вытяжными вентиляционными системами. При отсутствии экспериментальных данных о величине α полагают $\alpha = 0$;

β_1, β_2 – доли выделяющейся в объем помещения пыли, оседающей соответственно на труднодоступных и доступных для уборки поверхностях помещения

($\beta_1 + \beta_2 = 1$). При отсутствии сведений о коэффициентах β_1 и β_2 допускается принимать $\beta_1 = 1, \beta_2 = 0$.

$M_i (i = 1; 2)$ могут быть также определены экспериментально (или по аналогии с действующими образцами производств) в период максимальной загрузки оборудования по формуле:

$$M_i = \sum_j (G_{ij} F_{ij}) \tau_i, \quad (i = 1; 2), \quad (5.23)$$

где G_{1j}, G_{2j} – интенсивность пылеотложений соответственно на труднодоступных $F_{1j} (м^2)$ и доступных $F_{2j} (м^2)$ площадях, $кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$; τ_1, τ_2 – промежуток времени соответственно между генеральными и текущими пылеуборками, с.

5.3.3. Методика определения категорий помещений В1-В4

Определение категорий помещений В1-В4 осуществляют путем сравнения максимального значения удельной временной пожарной нагрузки (далее – пожарная нагрузка) на любом из участков с величиной удельной пожарной нагрузки, приведенной в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Удельная пожарная нагрузка и способы размещения для категорий В1-В4

Категория помещения	Удельная пожарная нагрузка g на участке, МДж $\cdot м^{-2}$	Способ размещения
В1	Более 2200	Не нормируется
В2	1401–2200	В соответствии с Б.2
В3	181–1400	В соответствии с Б.2
В4	1–180	На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более $10 м^2$

При пожарной нагрузке, включающей различные сочетания (смесь) легковоспламеняющихся, горючих, трудногорючих жидкостей, твердых горючих и трудногорючих веществ и материалов в пределах пожароопасного участка пожарная нагрузка Q , МДж, определяется по формуле:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i Q_{ni}^p, \quad (5.24)$$

где G_i – количество i -того материала пожарной нагрузки, кг; Q_{ni}^p – низшая теплота сгорания i -того материала пожарной нагрузки, МДж $\cdot кг^{-1}$ (для некоторых материалов приведена в табл. 1 приложения 4).

Удельная пожарная нагрузка g , МДж · м⁻² определяется из соотношения:

$$g = \frac{Q}{S}, \quad (5.25)$$

где S – площадь размещения пожарной нагрузки, м² (но не менее 10 м²).

В помещениях категорий В1-В4 допускается наличие нескольких участков с пожарной нагрузкой, не превышающей значений, приведенных в табл. Б.1. В помещениях категории В4 расстояния между этими участками должны быть более предельных. В табл. 5.4 приведены рекомендуемые значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от величины критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$, кВт · м⁻², для пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих и трудногорючих материалов. Значения $l_{пр}$, приведенные в табл. 5.4, рекомендуются при условии, если $H > 11$ м; если $H < 11$ м, то предельное расстояние определяется как $l = l_{пр} + (11 - H)$, где $l_{пр}$ – определяется из табл. 5.4; H – минимальное расстояние от поверхности пожарной нагрузки до нижнего пояса ферм перекрытия (покрытия), м.

Таблица 5.4

Значения предельных расстояний $l_{пр}$ в зависимости от критической плотности падающих лучистых потоков $q_{кр}$

$q_{кр}$, кВт · м ⁻²	5	10	15	20	25	30	40	50
$l_{пр}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Значения $q_{кр}$ для некоторых материалов пожарной нагрузки

Материал	$q_{кр}$, кВт · м ⁻²
Древесина (сосна влажностью 12 %)	13,9
Древесно-стружечные плиты (плотностью 417 кг · м ⁻³)	8,3
Торф брикетный	13,2
Торф кусковой	9,8
Хлопок-волокно	7,5
Слоистый пластик	15,4
Стеклопластик	15,3
Пергамин	17,4
Резина	14,8
Уголь	35,0
Рулонная кровля	17,4
Сено, солома (при минимальной влажности до 8 %)	7,0

Если пожарная нагрузка состоит из различных материалов, то $q_{кр}$ определяется по материалу с минимальным значением $q_{кр}$.

Для материалов пожарной нагрузки с неизвестными значениями $q_{кр}$ предельные расстояния принимаются $l_{пр} \geq 12$ м.

Для пожарной нагрузки, состоящей из ЛВЖ или ГЖ, расстояние $l_{пр}$ между соседними участками размещения (разлива) пожарной нагрузки допускается рассчитывать по формулам:

$$l_{пр} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \text{ м,} \quad (5.26)$$

$$l_{пр} \geq 26 - H \text{ при } H < 11 \text{ м} \quad (5.27)$$

Если при определении категорий В2 или В3 количество пожарной нагрузки Q , определенное по формуле (5.25), отвечает неравенству:

$$Q \geq 0,64g_{т}H^2, \quad (5.28)$$

то помещение будет относиться к категориям В1 или В2 соответственно.

Здесь $g_{т} = 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $1401 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 2200 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$,
 $g_{т} = 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $181 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2} \leq g \leq 1400 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ и
 $g_{т} = 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$ при $0 < g \leq 180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

5.3.4. Метод расчета интенсивности теплового излучения

Интенсивность теплового излучения рассчитывают для двух случаев пожара (или для того из них, который может быть реализован в данной технологической установке):

пожар проливов ЛВЖ, ГЖ, СУГ, СПГ (сжиженный природный газ) или горение твердых горючих материалов (включая горение пыли);

«огненный шар» – крупномасштабное диффузионное горение, реализуемое при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газа под давлением с воспламенением содержимого.

Если возможна реализация обоих случаев, то при оценке значений критерия пожарной опасности учитывается наибольшая из двух величин интенсивности теплового излучения.

Интенсивность теплового излучения q , кВт · м⁻² для пожара пролива жидкости или при горении твердых материалов рассчитывают по формуле:

$$q = E_f F_q \tau, \quad (5.29)$$

где E_f – кВт · м⁻², среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени; F_q – угловой коэффициент облученности; τ – коэффициент пропускания атмосферы.

E_f принимают на основе имеющихся экспериментальных данных. Для некоторых жидких углеводородных топлив указанные данные приведены в табл. 5.6.

Таблица 5.6

**Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени
в зависимости от диаметра очага и удельная массовая
скорость выгорания для некоторых жидких углеводородов**

Углеводороды	E_f , кВт · м ⁻²					M , кг · м ⁻² · с ⁻¹
	$d = 10$ м	$d = 20$ м	$d = 30$ м	$d = 40$ м	$d = 50$ м	
СПГ (метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание. Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать E_f такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно.

При отсутствии данных допускается принимать величину E_f , равной 100 кВт · м⁻² для СУГ, 40 кВт · м⁻² – для нефтепродуктов, 40 кВт · м⁻² – для твердых материалов.

Далее рассчитывают эффективный диаметр пролива d , м, по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (5.30)$$

где F – площадь пролива, м².

Вычисляем высоту пламени H , м, по формуле:

$$H = 42d \left(\frac{M}{\rho_b \sqrt{gd}} \right)^{0,61}, \quad (5.31)$$

где M – удельная массовая скорость выгорания жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$; ρ – плотность окружающего воздуха, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Определяем угловой коэффициент облученности F_q по формуле:

$$F_q = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}, \quad (5.32)$$

где F_V, F_H – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, которые определяют с помощью выражений:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg\left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}}\right) - \frac{h}{S} \cdot \left\{ \arctg\left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}}\right) - \frac{A}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right\} \right], \quad (5.33)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{B-1/S}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}}\right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \cdot \arctg\left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}}\right) \right], \quad (5.34)$$

$$A = \frac{h^2 + S^2 + 1}{2S}, \quad (5.35)$$

$$B = \frac{1 + S^2}{2S}, \quad (5.36)$$

$$S = \frac{2r}{d}, \quad (5.37)$$

$$h = \frac{2H}{d}, \quad (5.38)$$

где r – расстояние от геометрического центра пролива до облучаемого объекта, м.

Коэффициент пропускания атмосферы определяют по формуле:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5d)]. \quad (5.39)$$

Интенсивность теплового излучения q , $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, для «огненного шара» рассчитывают по формуле (5.29).

E_f определяют на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать E_f , равным $450 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$.

F_q вычисляют по формуле:

$$F_q = \frac{H / D_s + 0,5}{4 \cdot [(H / D_s + 0,5)^2 + (r / D_s)^2]^{1,5}}, \quad (5.40)$$

где H – высота центра «огненного шара», м; D_s – эффективный диаметр «огненного шара», м; r – расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром «огненного шара», м.

Эффективный диаметр «огненного шара» D_s рассчитывают по формуле:

$$D_s = 5,33 m^{0,327}, \quad (5.41)$$

где m — масса горючего вещества, кг.

H определяют в ходе специальных исследований. Допускается принимать H , равной $D_s / 2$.

Время существования «огненного шара» t_s , с, рассчитывают по формуле:

$$t_s = 0,92 m^{0,303}. \quad (5.42)$$

Коэффициент пропускания атмосферы τ рассчитывают по формуле:

$$\tau = \exp \left[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2} \right) \right]. \quad (5.43)$$

5.3.5. Методика вычисления вероятности поражения человека

При оценке потенциального риска для наружной установки следует рассматривать следующие опасные факторы:

избыточное давление и импульс волны давления при сгорании газо-, паро- или пылевоздушных смесей на открытом пространстве;

тепловое излучение при пожарах проливов горючих жидкостей и пожарах твердых материалов, реализации «огненного шара», струйном горении;

воздействие высокотемпературных продуктов сгорания газо- или паровоздушной смеси в открытом пространстве.

Если для рассматриваемой наружной установки невозможна реализация какого-либо из указанных выше опасных факторов, то этот фактор при оценке потенциального риска не учитывается.

Условную вероятность $Q_{df}(a)$ поражения человека при реализации j -того сценария развития аварии, как правило, вычисляют по значениям пробит-функции Pr. Взаимосвязь величины Pr и условной вероятности поражения устанавливается табл. 5.7, между реперными точками которой возможна линейная интерполяция.

Таблица 5.7

Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины пробит-функции Pr

Условная вероятность поражения, %	Величина пробит-функции Pr									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	–	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
–	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Условную вероятность поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро-, пылевоздушных смесей на расстоянии r от эпицентра определяют в следующей последовательности:

вычисляют избыточное давление ΔP и импульс i по методам, приведенным выше;

исходя из значений ΔP и i , вычисляют величину пробит-функции Pr по формулам:

$$Pr = 5 - 0,261 \ln(V) \quad (5.44)$$

$$V = \left(\frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9,3}, \quad (5.45)$$

где ΔP – избыточное давление, Па; i – импульс волны давления, Па · с.

С помощью табл. 5.7 определяют условную вероятность поражения человека. Например, при значении $Pr = 2,95$ значение $Q_{dj}(a) = 2 \% = 0,02$, а при $Pr = 8,09$ значение $Q_{dj}(a) = 99,9 \% = 0,999$.

Условную вероятность поражения человека тепловым излучением при пожаре пролива горючей жидкости, пожаре твердого материала или «огненном шаре» определяют в следующей последовательности:

а) рассчитывают величину Pr по формуле:

$$Pr = -12,8 + 2,56 \ln(tq^{1,33}), \quad (5.46)$$

где t – эффективное время экспозиции, с; q – интенсивность теплового излучения, $\text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, определяемая в соответствии с методикой.

Величину t находят:

1) для пожаров проливов горючих жидкостей и пожаров твердых материалов:

$$t = t_0 + \frac{x}{u}, \quad (5.47)$$

где t_0 – характерное время обнаружения пожара, с (допускается принимать $t = 5$ с); x – расстояние от места расположения человека до зоны, где интенсивность теплового излучения не превышает $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$, м; u – скорость движения человека, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ (допускается принимать $u = 5 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$);

2) для воздействия «огненного шара» величина t принимается в соответствии с методикой;

б) с помощью табл. 5.7 определяют условную вероятность поражения человека тепловым излучением.

В случае, если радиус очага пожара при пожаре проливе, пожаре твердых материалов или реализации «огненного шара» больше или равен 30 м, условная вероятность поражения человека принимается равной 100%.

Условную вероятность поражения человека при струйном горении вычисляют следующим образом:

определяют длину факела по методу в соответствии с методикой;

в случае, если $L_{\text{ф}} \geq 30$ м, условная вероятность поражения принимается равной 6%;

в случае, если $L_{\phi} < 30$ м, условная вероятность поражения принимается равной 0.

Условную вероятность поражения человека в результате воздействия высокотемпературных продуктов сгорания газо- или паровоздушной смеси при реализации пожара-вспышки вычисляют следующим образом:

определяют радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания газо- или паровоздушной смеси в открытом пространстве по методу в соответствии с методикой;

в случае, если $R_F \geq 30$ м, условная вероятность поражения принимается равной 100%;

в случае, если $R_F < 30$ м, условная вероятность поражения принимается равной 0.

5.4. Задание и исходные данные к практической работе

Цель работы

1. Ознакомление с методикой заблаговременного и оперативного прогнозирования пожарной обстановки.
2. Приобретение практического навыка работы с методиками, изложенными в официальных нормативных правовых актах в области обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях связанных с пожарами.
3. Нарботка самостоятельного ведения анализа полученных результатов и умения предлагать и излагать решения, выводы и предложения по конкретно поставленной задаче.
4. Получить навыки в графическом оформлении на схемах (картах) прогнозируемой обстановки.

Исходные данные индивидуальных заданий

Задание 1. Определить категорию здания по взрывопожарной и пожарной опасности (работа по п. 5.3.1).

1. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 15000$ м². Площадь помещений категории А составляет 800 м², кате-

гории Б – 600 м², суммарная S категорий А и Б равна 1400 м². Помещения категорий А и Б оборудованы установками автоматического пожаротушения.

2. Производственное восьмиэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 40000 м². В здании отсутствуют помещения категорий А и Б. Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 8000 м².

3. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 9000 м². В здании находятся помещения категории А суммарной площадью 400 м².

4. Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 20000 м². В здании находятся помещения категории А суммарной площадью 2000 м², эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

5. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 32000 м². Площадь помещений категории А составляет 150 м², категории Б – 400 м², суммарная площадь категорий А и Б составляет 550 м².

6. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 15000 м². Площадь помещений категории А составляет 800 м², категории Б – 600 м², суммарная S категорий А и Б равна 1400 м².

7. Производственное восьмиэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 40000 м². В здании имеется помещение категории Б площадью 250 м². Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 8000 м².

8. Производственное трехэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 12000 м². Площадь помещений категорий А и Б составляет 180 м², категорий В1-В3 – 5000 м², суммарная S категорий А, Б, В1-В3 – 5180 м².

9. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания S = 20000 м². Площадь помещений категорий А и Б составляет 900 м², категорий В1-В3 – 4000 м², суммарная S категорий А, Б, В1-В3 – 4900 м². Помещения категорий А, Б, В1-В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

10. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 15000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 900 м^2 , категорий В1-В3 – 4000 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3 – 4900 м^2 .

11. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 30000 \text{ м}^2$. Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 1800 м^2 , категории Г – 2000 м^2 , суммарная площадь помещений категорий В1-В3, Г – 3800 м^2 .

12. Производственное шестиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 25000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 150 м^2 . Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 1800 м^2 , категории Г – 1000 м^2 , суммарная площадь помещений категорий В1-В3, Г – 2800 м^2 .

13. Производственное четырехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 16000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 800 м^2 , помещений категорий В1-В3 – 1500 м^2 , помещений категории Г – 3000 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3 – 2300 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3, Г – 5300 м^2 . Помещения категорий А, Б, В1-В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

14. Производственное четырехэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 18000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 800 м^2 , помещений категорий В1-В3 – 1500 м^2 , помещений категории Г – 3000 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3 – 2300 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3, Г – 5300 м^2 .

15. Производственное одноэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 8000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 600 м^2 , категорий В1-В3 – 1000 м^2 , категории Г – 200 м^2 , категорий В4 и Д – 6200 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3 – 1600 м^2 , суммарная категорий А, Б, В1-В3, Г – 1800 м^2 . Помещения категорий А, Б, В1-В3 оборудованы установками автоматического пожаротушения.

16. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 12000 \text{ м}^2$. Площадь помещений категорий А и Б составляет 600 м^2 ,

категорий В1-В3 – 1000 м², категории Г – 200 м², категорий В4 и Д – 6200 м², суммарная категорий А, Б, В1-В3 – 1600 м², суммарная категорий А, Б, В1-В3, Г – 1800 м².

17. Производственное пятиэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 25000$ м². Помещения категорий А и Б в здании отсутствуют. Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 1000 м², категории Г – 200 м², категорий В4 и Д – 23800 м², суммарная категорий В1- В3, Г – 1200 м².

18. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 28000$ м². Помещения категорий А и Б составляют 180 м². Площадь помещений категорий В1-В3 составляет 1000 м², категории Г – 200 м², категорий В4 и Д – 23800 м², суммарная категорий В1-В3, Г – 1200 м².

19. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений $S = 10000$ м². Помещения категорий А, Б, В1-В3 и Г отсутствуют. Площадь помещений категории В4 составляет 2000 м², категории Д – 8000 м².

20. Производственное двухэтажное здание. Общая площадь помещений здания $S = 25000$ м². Площадь помещений категорий А и Б составляет 600 м², помещений категорий В1-В3 – 2500 м², помещений категории В4 – 3000 м².

Задание 2. Определить категорию помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (работа по п. 5.3.2).

Вариант 1. Определение категории помещения узлов задвижек ГПС.

1. Исходные данные

1.1. Характеристика производственного помещения:

длина $l = 18$ м;

ширина $b = 12$ м;

высота $h = 3$ м;

коэффициент свободного объема помещения $K_{св} = 0,8$;

кратность воздухообмена $A = 0$ ч⁻¹;

температура воздуха t_e , °С (берется максимальная абсолютная температура согласно СНиП 2.01.01-82 по г. Благовещенску).

1.2. Характеристика вещества:

наименование – бензин Аи-93 (летний);

химическая формула – смесь;

молекулярная масса $M = 98,2 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

константы уравнения Антуана: $A = 4,12311$; $B = 664,976$; $C_A = 221,695$;

температура вспышки $t_{всп} = -36 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.3. Характеристика технологического блока (напорного трубопровода):

производительность насоса $q = 0,347 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1} = 347 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$;

длина трубопровода $l_0 = 20 \text{ м}$;

внутренний диаметр трубопровода $d_0 = 0,209 \text{ м}$;

запорная арматура с автоматическим отключением.

2. Обоснование расчетного варианта аварии.

2.1. В качестве расчетного варианта аварии принимаем разгерметизацию напорного трубопровода с образованием свища площадью сечения $0,00005 \text{ м}^2$. Возможность полного разрыва трубопровода является маловероятной.

2.2. В качестве расчетной температуры нефтепродукта в помещении (t_p , $^\circ\text{C}$) примем абсолютную максимальную температуру воздуха в районе расположения перекачивающей станции по данным СНиП для г. Благовещенска.

2.3. Расчетное время автоматического отключения аварийного участка трубопровода с помощью задвижек с электроприводом составляет $\tau_3 = 120 \text{ с}$.

2.4. Расчетная длительность испарения разлитого нефтепродукта при аварии равна 3600 с .

Вариант 2. Определение категории помещения бака с дизельным топливом для дизелей пожарной насосной станции.

1. Исходные данные

1.1. Характеристика производственного помещения:

длина $l = 3 \text{ м}$;

ширина $b = 2,5 \text{ м}$;

высота $h = 6 \text{ м}$;

расчетная температура t_p , $^\circ\text{C}$ (берется максимальная абсолютная температура по СНиП для г. Благовещенска).

1.2. Характеристика вещества:

1.2.1. Дизельное топливо марки «З»;

химическая формула – смесь;

плотность $\rho_{1ж} = 824 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$

молекулярная масса $M = 172,3 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$;

константы уравнения Антуана: $A = 5,07818$; $B = 1255,73$; $C_A = 199,523$;

температура вспышки $t_{всп} = 48^\circ\text{C}$;

нижний концентрационный предел распространения пламени $S_{НКПР} = 0,61\%$ (об);

теплота сгорания $Q_{сг} = 43590 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

1.2.2. Масло цилиндрическое:

химическая формула – смесь;

температура вспышки $t_{всп} = 197^\circ\text{C}$;

плотность $\rho_{2ж} = 927 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$

1.3. Характеристика технологического блока:

бак с дизельным топливом емкостью $V_{1ж} = 500 \text{ л}$;

бак с маслом емкостью $V_{2ж} = 180 \text{ л}$;

рабочее давление в баках атмосферное.

2. Обоснование расчетного варианта аварии.

Принимаем вариант аварии с разрушением бака с дизельным топливом.

При этом все содержимое бака в количестве 500 л поступает в помещение и разливается по всей площади пола помещения;

Происходит испарение с поверхности разлившегося дизельного топлива в течение 3600 с.

Вариант 3. Определение категории автоталивной станции (АСН) для налива бензина в автоцистерны.

1. Исходные данные

1.1. Характеристика наружной установки:

длина технологической площадки $l = 40 \text{ м}$;

ширина технологической площадки $b = 8 \text{ м}$;

количество островков – 5 шт.

1.2. Характеристика вещества:

наименование – бензин Аи-93;

химическая формула – смесь;

константы уравнения Антуана: $A = 4,12311$; $B = 664,976$; $C_A = 221,695$;

температура вспышки $t_{всп} = -36^\circ\text{C}$;

нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{НКПР} = 1,06\%$ (об)

1.3. Характеристика технологического блока:

производительность насоса $g = 0,0153 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

продолжительность отключения задвижек $\tau_z = 300 \text{ с}$;

емкость заправляемых цистерн $V_a = 6 \text{ м}^3$.

2. Обоснование расчетного варианта аварии.

2.1. В качестве расчетного варианта аварии принимаем разрушение автомобильной цистерны, заполненной бензином.

2.2. В качестве расчетной температуры нефтепродукта примем абсолютную максимальную температуру воздуха (t_p , °С.) в районе расположения перекачивающей станции по данным строительных норм и правил для г. Благовещенска.

Вариант 4. Определение категории подземного резервуара вместимостью 25 м^3 автозаправочного пункта.

1. Исходные данные

1.1. Характеристика вещества:

наименование – бензин Аи-93;

химическая формула – смесь;

константы уравнения Антуана: $A = 4,12311$; $B = 664,976$; $C_A = 221,695$;

температура вспышки $t_{всп} = -36^\circ\text{C}$.

1.2. Характеристика технологического блока:

подземный горизонтальный резервуар типа РГП-25 вместимостью 25 м^3 ;

рабочее давление в резервуаре соответствует давлению насыщенных паров;

внутренний диаметр резервуара $d_0 = 2,76$ м;

длина резервуара $l = 4,83$ м;

максимальная площадь горизонтального сечения $F_2 = 13,3$ м².

2. Обоснование расчетного варианта аварии.

2.1. В качестве расчетного варианта аварии принимаем разгерметизацию резервуара в верхней его части (отсутствие уплотняющей прокладки на крышке горловины или дыхательного клапана на трубе деаэрации и т.п.) со свободным выходом паров бензина в открытое пространство.

2.2. В качестве расчетной температуры нефтепродукта в резервуаре (t_p , °С) примем абсолютную максимальную температуру воздуха в районе расположения ЛПДС по данным строительных норм и правил г. Благовещенска.

Вариант 5. Определить категорию надземного резервуара с дизельным топливом топливораздаточного пункта ЛПДС.

1. Исходные данные

1.1. Характеристика вещества:

наименование – дизельное топливо марки «З»;

химическая формула – смесь;

константы уравнения Антуана: $A = 5,07818$; $B = 1255,73$; $C_A = 199,523$;

температура вспышки $t_{всп} = 48$ °С;

молекулярная масса $M = 172,3$ кг·кмоль⁻¹;

теплота сгорания $Q_n = 43,59$ МДж·кг⁻¹;

нижний концентрационный предел распространения пламени $C_{НКПР} = 0,61$ % об.;

1.2. Характеристика технологического блока:

надземный горизонтальный резервуар типа РГС-50 вместимостью 50 м³;

рабочее давление в резервуаре атмосферное;

площадь общего обвалования группы резервуаров $F_{об} = 288$ м².

2. Обоснование расчетного варианта аварии

2.1. В качестве расчетного варианта аварии принимаем разрушение (повреждение) резервуара при его максимальном уровне взлива с разливом дизельного топлива по всей площади общего обвалования.

2.2. В качестве расчетной температуры нефтепродукта в резервуаре (t_p , °С) принимаем абсолютную максимальную температуру воздуха на территории г. Благовещенска по данным строительных норм и правил.

При выполнении данного задания используется справочный материал, изложенный в приложении 4 табл. 1-6.

Задание 3. Определить категорию помещения В1-В4 по пожарной опасности для хранения веществ и материалов* (работа по п. 5.3.3).

№ п/п	Хранящиеся материала и вещества	Масса веществ и материалов, т	Общая площадь помещения, м ² .	Площадь, занимаемая материалами, м ² .
1	Мебель (ДСП)	2,2	36	15
	Книги	1,5		3
	Каучук	3,8		4
2	Масло моторное	5,5	54	8
	Диз. топливо	6,8		10
	Полиэтилен	2,4		6
3	Полипропилен	1,5	24	5
	Каучук	2,5		6
	Полиэтилен	1,9		4
4	Дерево (брус)	3	32	6
	Резина (шины)	3		8
	Мазут	4		8
5	Волокно штапельное	1,2	52	8
	Ледерин	2,2		5
	Линолеум масляный	4,5		7
6	Киноплёнка	0,4	18	4
	Каучук	5,3		8
	Резина	2,4		8
7	Бумага разрыхленная	1,7	16	2
	Орг. стекло	2,3		4
	Полипропилен	3,6		3
8	Краситель жировой	2,7	24	6
	Текстолит	1,3		4
	Линопор	2,1		4
9	Натрий металлический	1,3	30	5
	Диэтиловый спирт	1,2		6
	Полиэтилен	3,7		8
10	Бензол	2,3	54	4
	Толуол	1,1		4
	Керосин	2,4		8

* способы размещения веществ и материалов (материал изготовления стеллажей и их габариты, характеристика упаковки веществ и материалов) студентам предоставляется дополнительно в процессе занятий.

Вопросы для самоконтроля

1. С какой целью осуществляются прогнозирование и оценка пожарной обстановки объекта и территории?
2. Из каких элементов состоит система пожарной безопасности объекта?
3. По какому принципу осуществляется категорирование помещений по пожарной опасности?
4. По какому принципу осуществляется категорирования зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности?
5. Поясните определение «огненный шар».
6. Дайте характеристику опасным факторам пожара.
7. Приведите классификацию помещений по взрывопожарной и пожарной опасности.
8. Охарактеризуйте условия, исключаящие образование горючей среды.
9. Охарактеризуйте условия, исключаящие образование в горючей среде источников зажигания.
10. Какими способами обеспечиваются защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия?
11. Охарактеризуйте условия поражения человека тепловым излучением при пожаре пролива горючей жидкости и «огненном шаре».

Рекомендуемая литература

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. ФЗ №-69 «О пожарной безопасности», с изм. и доп.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. ФЗ №-123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», с изм. и доп.
3. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утв. постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 г. № 390.
4. Свод правил СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

5. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при рассмотрении проектно-сметной документации / Шебеко Ю.Н., Смолин И.М., Молчадский И.С. и др. – М.: ВНИИПО, 1998. – 119 с.

6. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учеб. пособие в 5 книгах. Кн. 5 / под ред. В.А. Котляревского и А.В. Забегаева. – М.: Изд-во АСВ, 2001. – 486 с.

7. Акимов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие /В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев. – М.: Абрис, 2012. – 599 с. (ЭБС ун. библиотека online).

8. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. Пожнаука, 2004. – Ч. 1. – 713 с; Ч. 2. – 774 с.

9. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учеб. пособие: рек. УМО / Б.С. Мастрюков. – М.: Академия, 2011. – 368 с.

10. Терещев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара. – Екатеринбург: Изд-во Калан, 2008. – 512 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее учебное пособие посвящено проблемам прогнозирования и оценки последствий обстановки, сложившейся в результате наиболее характерных и часто встречающихся чрезвычайных ситуаций техногенного характера. В предлагаемых методиках прогноза последствий и оценки сложившейся обстановки рассматривается воздействие опасных и вредных факторов ЧС как на персонал, объекты и территорию конкретного предприятия, так и на жилые постройки и население селитебной зоны.

Наличие специалистов, умеющих работать с современными методиками по прогнозированию масштабов последствий от ЧС техногенного характера на объектах экономики, позволит значительно уменьшить количество пострадавших, а также сократить материальный ущерб от чрезвычайной ситуации и затраты на ее локализацию и ликвидацию.

В книге использованы методики прогноза из действующих нормативных правовых актов в области промышленной и пожарной безопасности, это значительно повышает практическую значимость данного пособия и несомненно отразится на улучшении качества подготовки будущих специалистов в области техносферной безопасности.

Для студентов других направлений и специальностей книга будет полезна в качестве учебного пособия по разделу «Защита населения в чрезвычайных ситуациях» в рамках дисциплины «Безопасность жизнедеятельности». Полученные знания и умения по ведению прогноза последствий от ЧС техногенного характера помогут им при необходимости спасти чьи-то жизни или материальные ценности.

Владение вопросами теории и практики современных методик прогноза ЧС позволит специалистам значительно сократить число промышленных аварий и катастроф, а при невозможности – хотя бы смягчить их последствия, то есть сделать жизнь каждого человека более предсказуемой и безопасной.

Таблица 3

Значение коэффициента K_4 в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	1,2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Таблица 4

**Угловые размеры зоны возможного заражения (АХОВ)
в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	$\leq 0,5$	0,6-1	1,1-2	≥ 2
ϕ , град.	360	180	90	45

Таблица 5

**Скорость переноса переднего фронта облака зараженного воздуха
в зависимости от скорости ветра**

Скорость ветра, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Скорость переноса, км/ч	Инверсия														
	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Изотермия														
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59	65	71	76	82	88
Скорость переноса, км/ч	Конвекция														
	7	14	21	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. Инверсия – это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты. Толщина приземных инверсий составляет от десятков до сотен метров.

Инверсионный слой является задерживающим слоем в атмосфере. Он препятствует развитию вертикальных движений воздуха, вследствие чего под ним накапливаются водяной пар, пыль. Это благоприятствует образованию слоев дыма, тумана.

Инверсия препятствует рассеиванию по высоте и создает наиболее благоприятные условия для сохранения и распространения высоких концентраций АХОВ.

Изотермия характеризуется стабильным равновесием воздуха. Она наиболее типична для пасмурной погоды, а также возникает в утренние и вечерние часы. Изотермия, так же как и инверсия, способствует длительному застою паров АХОВ на местности, в лесу, в жилых кварталах городов и населенных пунктов.

Конвекция – это вертикальные перемещения воздуха с одних высот на другие. Теплый поднимается вверх, холодный опускается вниз. При конвекции восходящие токи воздуха рассеивают зараженное облако, что препятствует распространению АХОВ. Такие явления отмечаются обычно в летние ясные дни.

Таблица 6

**Определение степени вертикальной устойчивости воздуха
по прогнозу погоды**

Скорость ветра, м/с	Ночь		Утро		День		Вечер	
	ясно, пере- менная облач- ность	сплош. облач- ность	ясно, пере- менная облач- ность	спло- шная облач- ность	ясно, пе- ремен- ная об- лач- ность	сплош. облач- ность	ясно, пе- ремен- ная об- лач- ность	сплош. облач- ность
Менее 2	ИН	ИЗ	ИЗ(ИН)	ИЗ	К(ИЗ)	ИН	ИН	ИЗ
2-3,9	ИЗ	ИЗ	ИЗ(ИН)	ИЗ	ИЗ	ИЗ(ИН)	ИЗ(ИН)	ИЗ
Более 4	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ

Примечания.

Обозначения: ИН – инверсия, ИЗ – изотермия, К – конвекция; буквы в скобках – при снежном покрове.

Под термином «утро» понимается период времени в течение 2 ч. после восхода солнца; под термином «вечер» – в течение 2 ч. после захода солнца.

Период от восхода солнца до захода солнца, за вычетом 2 утренних ч., – день, а период от захода до восхода солнца, за вычетом 2 вечерних ч., – ночь.

Скорость ветра и степень вертикальной устойчивости воздуха принимаются в расчетах на момент аварии.

Таблица 7

Время пребывания в средствах индивидуальной защиты

Температуры наруж- ного воздуха, °С*	Продолжительность работы в изолирующей одежде	
	без влажного экранируемого комбинезона	с влажным экранируемым комбинезоном
+30 и выше	До 20 мин.	1-1,5 часа
+25-29	До 30 мин.	1,5-2 часа
+20-24	До 45 мин.	2-2,5 часа
Ниже +15	Более 3 часов	Более 3 часов

*При работе в пасмурную погоду сроки работы могут быть увеличены в 1,5-2 раза.

Таблица 8

Характеристика противогазовых и газопылезащитных респираторов

Название	Марка патрона	Назначение		Масса респиратора, г	Ограничения поля зрения, %
		вредные вещества	кратность ПДК		
Противогазовый РПГ-67	А	Органические пары (бензин, керосин, ацетон, бензол, спирты, эфиры и др.), пары хлора и фосфоорганических веществ	До 10	260	25
	В	Кислые газы (сернистый газ, сероводород и др.), пары хлор- и фосфоорганических веществ	До 10	260	25
	КД	Аммиак и сероводород	До 10	260	25
	Г	Пары ртути	До 10	260	25
Газопылезащитный РУ-60 м	А	Аэрозоли, органические пары	До 10	350	30
	В	Аэрозоли, кислые газы	До 10	350	30
	КД	Аэрозоли, аммиак, сероводород	До 10	350	30
	Г	Аэрозоли, пары ртути	До 10	350	30
Газопылезащитный «Снежок – ГП»	ГП-В	Газообразные соединения кислого характера (хлор, диоксид серы, фтороводород, хлороводород), аэрозоли	До 15	80	20
	ГП-Е	Фосфорсодержащие соединения (фосфин РН ₃ , пентоксид дифосфора Р ₂ О ₅ и др.), аэрозоли	До 15	80	20

Таблица 9

Характеристика промышленных фильтрующих противогазов

Марка коробки	Марка патрона	Назначение		Масса противогаза, г	Ограничение поля зрения, %
		вредные вещества	кратность ПДК		
А	Коричневая	Пары органических и галогеноорганических соединений (бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, анилин, нитросоединения бензола и его гомологов, тетраэтилевинец)	свыше 100	1500	50
В	Желтая	Кислые газы и пары (сернистый газ, хлор, сероводород, синильная кислота, хлороводород, окислы азота, фосген)	свыше 100	1450	50
Г	Двухцветная (черная и желтая)	Пары ртути, а также органических веществ и хлора, но с меньшим временем защиты, чем марки А и В	свыше 100	1400	50
Е	Черная	Арсин, фосфин, а также кислые газы и пары органических веществ, с меньшим временем защиты, чем марки В и А	свыше 100	1500	50
КД	Серая	Аммиак и сероводород, а также пары органических веществ, но с меньшим временем защиты, чем марки А	свыше 100	1570	50
СО	Белая	Оксид углерода (СО)	до 100	1750	50
50М	Красная	Оксид углерода, небольшие концентрации паров органических веществ, кислых газов, аммиака, фосфина, арсина	до 50	1750	50
БКФ	Защитная зеленая	Кислые газы и органические пары с меньшим временем защиты, чем марки В и А соответственно, синильная кислота в присутствии пыли, дыма, тумана, фосфин	свыше 100	1500	50

Примечания.

Противогазные коробки А,В,Г,Е и КД могут быть дополнительно снабжены противоаэрозольными фильтрами, защищающими от аэрозолей с концентрацией до 200 мг/м³.

Противогазные коробки марок А,В,Г,Е,КД и БКФ, имеющие в окраске белую вертикальную полосу, предназначены также для защиты от пыли, дыма, тумана.

Таблица 10

Время действия средств защиты органов дыхания

АХОВ	Марка фильтрующего прибора		Время защитного действия (часы) при концентрации:		
	респираторы	противогазы	5 ПДК	15 ПДК	100 ПДК
1	2	3	4	5	6
Аммиак	РПГ-67-КД	-	10	4	-
	РУ-60М-КД	-	5	2	-
	-	КД с/ф	35	12	2
	-	КД б/ф	75	25	4
Анилин	РПГ-67-КД	-	15	5	-
	РУ-60М-КД	-	6	2	-
	-	А с/ф	90	40	10
	-	А б/ф	180	80	20
Арсин	-	Е с/ф	300	250	150
	-	Е б/ф	450	400	250
	-	БКФ	450	400	250
Бензол	РПГ-67-А	-	200	80	-
	РУ-60М-А	-	150	60	-
	-	А с/ф	250	120	40
	-	А б/ф	500	250	100
Гексахлоран	РУ-60М-А	-	75	25	-
	РУ-60М-В	-	50	15	-
	-	А с/ф	250	200	-
	-	В с/ф	200	150	-
Диметил-амин	РПГ-67-А	-	10	5	-
	РУ-60М-А	-	5	2.5	-
	-	А с/ф	300	150	30
	-	Г с/ф	450	220	45
	-	А б/ф	600	300	60
	-	Г б/ф	900	400	90
Дихлорэтан	РПГ-67-А	-	120	40	-
	РУ-60М-А	-	120	40	-
	-	А с/ф	200	100	20
	-	А б/ф	500	250	50
Кислота азотная	РУ-60М-В	-	15	5	-
	-	В с/ф	300	150	30
	-	БКФ	300	150	30
Кислота серная	РУ-60М-В	-	40	20	-
	-	В с/ф	700	350	90
Кислота синильная	-	В с/ф	300	200	70
	-	БКФ	500	300	140
	-	В б/ф	500	300	140
Ксилол	РПГ-67-А	-	20	10	-
	РУ-60М-В	-	20	10	-
	-	А с/ф	50	20	4
	-	А б/ф	100	40	8

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6
Нитробензол	РПГ-67-А	-	60	0	-
	РУ-60М-А	-	30	15	-
	-	А с/ф	300	150	50
	-	А б/ф	600	300	100
Оксиды азота	-	В с/ф	10	5	2
	-	В б/ф	20	10	4
Сернистый ангидрид	РПГ-67-Г	-	30	15	-
	РУ-60М-Г	-	12	6	-
	-	Г с/ф	60	30	5
	-	Г б/ф	120	60	10
Сероводород	РПГ-67-КД	-	45	15	-
	РУ-60М-КД	-	25	8	-
	-	КД с/ф	150	60	10
	-	КД б/ф	300	120	20
	-	В с/ф	250	120	20
	-	В б/ф	500	240	40
Сероуглерод	РПГ-67-А	-	9	3	-
	РУ-60М-А	-	6	2	-
	-	А с/ф	40	20	5
	-	А б/ф	80	40	10
Стирол	РПГ-67-А	-	15	7	-
	РУ-60М-А	-	10	5	-
	-	А с/ф	120	60	15
	-	А б/ф	240	120	30
Тетраэтилсвинец	-	А с/ф	10000	5000	1500
	-	А б/ф	20000	10000	3000
Триэтиламин	РПГ-67-КД	-	20	8	-
	РУ-60М-КД	-	10	4	-
	-	КД с/ф	60	30	6
	-	КД б/ф	120	60	12
Фосген	-	В с/ф	3000	1500	300
	-	В б/ф	5000	2500	500
Фенол	РПГ-67-А	-	50	25	-
	РУ-60М-А	-	25	12	-
	-	А с/ф	800	400	80
	-	А б/ф	1400	700	150
Фтороводород	-	А с/ф	300	150	30
	-	БКФ	300	150	30
Фурфурол	РПГ-67-А	-	30	15	-
	РУ-60М-А	-	15	7	-
	-	А с/ф	180	90	18
	-	А б/ф	340	170	35
Хлор	-	А с/ф	300	200	75
	-	А б/ф	500	400	150
	-	БКФ	500	400	150
	-	Е с/ф	500	400	150
	-	Е б/ф	250	150	50
	-	Г с/ф	250	150	50

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6
Хлорэтил	РПГ-67-А	-	4	2	-
	РУ-60М-А	-	2	1	-
	-	А с/ф	30	8	1.5
	-	А б/ф	30	12	2
Этиленоксид	-	М с/ф	50	25	12
	-	М б/ф	100	50	25

Примечания.

В данной таблице отражено ориентировочное время защитного действия от СДЯВ, находящихся в паро-, газообразном состоянии.

Предполагается, что противогазы всех марок снабжены коробками большого габарита.

В таблице использованы следующие обозначения: с/ф – коробки, снабженные дополнительно противоаэрозольными фильтрами; б/ф – коробки без противоаэрозольных фильтров.

Таблица 11

**Критерии принятия решений на эвакуацию населения
из зон химического заражения**

№ п/п	Наименование АХОВ	Критерий (пороговые токсодозы), мг · мин/л
1	2	3
1	Акролеин	0.2
2	Аммиак	15
3	Ацетонитрил	21.6
4	Ацетонциангидрид	0.54
5	Водород мышьяковистый	7.5
6	Водород фтористый	4
7	Водород цианистый (синильная кислота)	0.2
8	Диметиламин	4.8
9	Кислота бромистоводородная	2.4
10	Водород хлористый	2
11	Метиламин	4.8
12	Метил бромистый	3.5
13	Метил хлористый	90
14	Метилмеркантан	1.7
15	Метилакрилат	6
16	Акрилонитрил	0.75
17	Окислы азота	0.002
18	Окись этилена	41
19	Сернистый ангидрид	1.8
20	Сероводород	16.1
21	Сероуглерод	48
22	Соляная кислота	2
23	Триметиламин	6
24	Формальдегид	0.6
25	Фосген	0.6
26	Фтор	0.39
27	Фосфор треххлористый	3

Продолжение табл. 11

1	2	3
28	Фосфора хлорокись	0.6
29	Хлор	0.6
30	Хлормикрин	0.02
31	Хлорциан	0.75
32	Этиленамин	4.8
33	Этиленсульфид	0.1
34	Этиленмеркаитан	6

*Если прогнозируемая токсодоза превышает значения, указанные в данной таблице, то проводится эвакуация населения.

Таблица 12

Физико-химические и токсические свойства основных АХОВ

№ п/п	Вид АХОВ	Общие свойства							
		t кип. °С	t плав. °С	плотность Рж/Ргаз г/см ³ , г/л	ПДК мг/м ³	поражающие токсодозы гмин/м ³	смертельные токсодозы гмин/м ³	запах	горючесть, предел воспламенения %об
1	Аммиак	-33,4	-77,8	0,68/0,8	20	15	100	резкий	горюч, взрывоопасен
2	Диоксин	-	305-307	-	-	-	0,07	-	-
3	Хлор	-34,1	-101	1,553/3,2	1,0	0,6	6	резкий	не горит
4	Сероводород	-60,4	-85,6	0,96/1,2	10	16	30	неприятный	горюч, взрывоопасен в смеси с воздухом 4,3-46%
5	Нитрил акриловой кислоты	78-79	-83,5	0,81/-	0,5	0,75	7	неприятный	легковоспл., взрывоопасен в смеси с воздухом 3-17%
6	Окислы азота (N ₂ O ₄)	20,7	-11,2	1,5	5,0	1,5	7,8	-	не горят
7	Ртуть	356,6	-38,9	13,5	0,01	0,13-0,8	-	без запаха	не горит
8	Кислота азотная	83,4	-41,2	1,51/2,2	5	1,5	7,8	резкий	не горит
9	Кислота серная	330	10,3	1,83	1,0	-	-	резкий	не горит
10	Метиловый спирт	64,7	-97,9	0,79/-	5	-	-	-	горит с воздухом

Таблица 1

Характеристики горючих компонентов ГВС и ТВС

Горючее (топливо)	Удельная энергия взрыва стехиометрической смеси		Показатель адиабаты стехиометрической смеси	Концентрация горючего в стехиометрической смеси $C_{смх}$ %	$C_{нкв}$ воспламенения (об) %	Молекулярная масса	Плотность исходной стехиометрической смеси $P_{стх}$ кг/м
	массовая q_m , кДж/кг	объемная q_v , кДж/м					
Водород	3425	3195	1,248	29,59	4	2	0,933
Метан	2763	3404	1,256	9,45	5	16	1,232
Этан	2797	3496	1,257	5,66	2,9	30	1,25
Пропан	2801	3676	1,257	4,03	2,1	44	1,315
Бутан	2776	3684	1,270	3,13	1,8	58	1,328
Ацетилен	3387	4329	1,259	7,75	2,5	26	1,278
Этилен	3010	3869	1,259	6,54	3,0	28	1,285
Пропилен	2922	3839	1,259	4,46	2,2	42	1,314
Бутилен	2892	3843	1,260	3,38	1,6	56	1,329
Бензол	2937	3966	1,261	2,84	1,4	78	1,350
Толуол	2843	3838	1,260	2,23	1,3	92	1,350
Циклогексан	2797	3748	1,248	2,23	1,2	34	1,340
Метанол	2843	3696	1,253	12,30	6,0	32	1,300
Этанол	2804	3757	1,256	6,54	3,6	46	1,340
Ацетон	3112	3766	1,259	4,99	2,2	42	1,21
Аммиак	2365	2791	1,248	19,72	15,0	17	1,18
Окись углерода	2930	3750	1,256	29,59	12,5	28	1,28
Эфир диэтиловый	2840	3862	1,261	3,38	1,7	74	1,36
Дихлорэтан	2164	3224	1,265	6,54	3,6	99	1,49
Бензин	2973	3770	-	2,1	1,2	53	1,275

Таблица 2

Доля массы исходного горючего вещества в облаке ТВС

№	Тип и состояние горючего вещества	χ
1	Газы при атмосферном давлении	1,0
2	Газы под давлением*	0,6-0,7
3	Газы, сжиженные под давлением*	0,5
4	Газы, сжиженные путем охлаждения*	0,1
5	Разлитые легкоиспаряющиеся жидкости (бензин, керосин, дизельное топливо) и водород в состоянии, обозначенном в п/п 2-4	0,05
6	Разлитые тяжелоиспаряющиеся жидкости (масла, концентрат аммиачной воды)	0,01

* Кроме водорода

Таблица 3

**Константы для определения радиусов зон поражения
при взрывных ТВС**

Характеристика действия ударной волны	I^* , Па·с	P^* , Па	k Па ² ·с
Разрушение зданий			
Полное разрушение зданий	770	70100	886100
Граница области сильных разрушений: 50-75% стен разрушено или находится на грани разрушения	520	34500	541000
Граница области значительных повреждений: повреждение некоторых конструктивных элементов, несущих нагрузку	300	14600	119200
Граница области минимальных повреждений: разрывы некоторых соединений, расчленение конструкций	100	3600	8950
Полное разрушение остекления	0	7000	0
50% разрушение остекления	0	2500	0
10% и более разрушение остекления	0	2000	0
Поражение органов дыхания незащищенных людей			
50% выживание	440	243000	$1,44 \cdot 10^8$
Порог выживания (при меньшим значениям смерт. поражения людей маловероятны)	100	65900	$1,62 \cdot 10^7$

Таблица 4

Связь вероятности поражения с пробит-функцией

P, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,86	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	3,09

Таблица 5

Уровни разрушения зданий

Категория повреждения	Характеристика повреждения здания	Избыточное давление ΔP , кПа	Коэффициент K^*
A	Полное разрушение здания	≥ 100	3,8
B	Тяжелые повреждения, здание подлежит сносу	70	5,6
C	Средние повреждения, возможно восстановление здания	2В	9,6
D	Разрушение оконных проемов, легкосбрасываемых конструкций	14	28,0
E	Частичное разрушение остекления	$\leq 2,0$	56

* Для определения радиуса смертельного поражения человека в соотношении (2.41) следует подставлять величину $K = 3,8$.

Таблица 6

Значения вероятности выживания людей в промышленных и жилых (административных) зданиях в зависимости от степени их разрушений

Тип здания	Степень разрушения и вероятность выживания			
	полная (1)	сильная (2)	средняя (3)	слабая (4)
Жилые	0,30	0,85	0,94	0,98
Промышленные	–	–	0,4	0,9

Таблица 7

Степени разрушения зданий и сооружений

Наименование степени	Характеристика степеней разрушения зданий и сооружений
1. Полная	Разрушение и обрушение всех элементов зданий и сооружений (включая подвалы).
2. Сильная	Разрушение части стен и перекрытий верхних этажей, образование трещин в стенах, деформация перекрытий нижних этажей; возможно ограниченное использование сохранившихся подвалов после расчистки входов.
3. Средняя	Разрушение главным образом второстепенных элементов (крыш, перегородок, оконных и дверных заполнений), перекрытия, как правило, не обрушаются. Часть помещений пригодна для использования после расчистки от обломков и проведения ремонта.
4. Слабая	Разрушение оконных и дверных заполнений и перегородок. Подвалы и нижние этажи полностью сохраняются и пригодны для временного использования после уборки мусора и заделки проемов.

Таблица 1

Критерии для принятия неотложных решений в начальном периоде аварийной ситуации

Меры защиты	Прогнозируемая доза за первые 10 суток, мГр			
	на все тело		щитовидная железа, легкие, кожа	
	уровень А	уровень Б	уровень А	уровень Б
Укрытие	5	50	50	500
Йодная профилактика: взрослые дети			250* 100*	2500* 1000*
Эвакуация	50	500	500	5000

* Только для щитовидной железы.

Таблица 2

Критерии для принятия решений об отселении и ограничении потребления загрязненных пищевых продуктов

Меры защиты	Предотвращаемая эффективная доза, мЗв	
	уровень А	уровень Б
Ограничение потребления загрязненных продуктов питания и питьевой воды	5 за первый год 1/год в последующие годы	50 за первый год 10/год в последующие годы
Отселение	50 за первый год	500 за первый год
	1000 за все время отселения	

Таблица 3

Критерии для принятия решений об ограничении потребления загрязненных продуктов питания в первый год после возникновения аварии

Радионуклиды	Содержание радионуклида в пищевых продуктах, кБк/кг	
	уровень А	уровень Б
Йод – 131; Цезий – 134,137	1,0	10
Стронций – 90	0,1	1,0
Плутоний – 238,239; Америций – 241	0,01	0,1

Стандартные параметры для населения.

Для населения установлены следующие значения стандартных параметров: $t_{\text{нас}} = 8800$ ч в год; $M_{\text{нас}} = 730$ кг в год для взрослых. Годовой объем вдыхаемого воздуха установлен в зависимости от возраста.

Таблица 4

Годовой объем вдыхаемого воздуха для разных возрастных групп населения

Возраст, лет	До 1	1 – 2	2 – 7	7 – 12	12 – 17	Взрослые (больше 17)
V, тыс. м ³ в год	1,0	1,9	3,2	5,2	7,3	8,1

Таблица 5

Годовое потребление основных пищевых продуктов взрослыми жителями средней полосы России (кг/год)

Группа населения	Молоко и молочные продукты	Мясо и мясные продукты	Хлеб и зерновые продукты	Картофель и корнеплоды
Городское	150	70	120	200
Сельское	250	70	150	250

Таблица 6

Значение функции e^{-x} для определения годовых эффективных доз облучения населения природными источниками ионизирующего излучения

X	e^{-x}	X	e^{-x}	X	e^{-x}	X	e^{-x}
0,165	0,848	1,815	0,163	3,465	0,031	5,115	0,006
0,33	0,719	1,98	0,138	3,63	0,027	5,28	0,0051
0,495	0,61	2,145	0,117	3,795	0,022	5,445	0,0043
0,66	0,517	2,31	0,099	3,96	0,019	5,61	0,0036
0,825	0,438	2,475	0,084	4,125	0,016	5,775	0,0031
0,99	0,372	2,64	0,071	4,29	0,014	5,94	0,0026
1,155	0,315	2,805	0,061	4,495	0,011	6,105	0,0022
1,32	0,267	2,97	0,051	4,62	0,010	6,27	0,0019
1,485	0,227	3,135	0,043	4,785	0,008	6,435	0,0016
1,65	0,192	3,3	0,037	4,95	0,007	6,6	0,0014

Таблица 7

Значение функции e^x для определения годовых эффективных доз облучения населения природными источниками ионизирующего излучения

X	e^x	X	e^x	X	e^x	X	e^x
0,0453	1,0463	0,624	1,8664	1,1778	3,2472	1,8502	6,3611
0,0638	1,0659	0,6342	1,8855	1,2122	3,3609	1,872	6,5013
0,0906	1,0948	0,638	1,8927	1,2231	3,397	1,914	6,7802
0,104	1,1096	0,6795	1,9729	1,248	3,4834	1,976	7,2138
0,1276	1,1361	0,7018	2,0174	1,2684	3,5552	1,9778	7,2268
0,1359	1,1456	0,7248	2,0643	1,276	3,5823	2,0416	7,7029
0,1812	1,1987	0,728	2,0709	1,3137	3,7173	2,1054	8,2104
0,1914	1,2109	0,7656	2,1503	1,3398	3,8183	2,1692	8,7513
0,208	1,2312	0,7701	2,16	1,352	3,8651	2,184	8,8818
0,2265	1,2542	0,8154	2,2601	1,359	3,8923	2,233	9,3278
0,2552	1,2907	0,8294	2,2919	1,4036	4,0698	2,288	9,8552
0,2718	1,3123	0,832	2,2979	1,4043	4,0727	2,2968	9,9423
0,312	1,3662	0,8607	2,3798	1,4499	4,2627	2,392	10,9353
0,3171	1,3734	0,8932	2,4429	1,456	4,2888	2,496	12,1339
0,319	1,3758	0,906	2,4744	1,4674	4,3379	2,6	13,4637
0,3624	1,4368	0,936	2,5498	1,4949	4,4589	2,704	14,9394
0,3828	1,4664	0,9513	2,5891	1,5312	4,6273	2,808	16,5767
0,4077	1,5034	0,957	2,6039	1,5402	4,6655	2,912	18,3935
0,416	1,5159	0,9966	2,7091	1,56	4,7588	3,016	20,4095
0,4466	1,563	1,0208	2,7754	1,5855	4,8817	3,12	22,6464
0,453	1,573	1,035	2,8151	1,595	4,9283	3,224	25,1284
0,4983	1,6459	1,04	2,8292	1,6308	5,108	3,328	27,8825
0,5104	1,666	1,071	2,9183	1,6588	5,253	3,432	30,9385
0,52	1,682	1,0872	2,966	1,664	5,3058	3,536	34,3293
0,5436	1,7222	1,1325	3,1034	1,7226	5,5991	3,64	38,0918
0,5742	1,7757	1,144	3,1393	1,768	5,8591	3,744	42,2667
0,5883	1,8009	1,1484	3,1531	1,7864	5,9679		

Таблица 1

**Средняя скорость выгорания и низшая теплота сгорания
веществ и материалов**

Вещества и материалы	Скорость потери массы * 10 ³ , кг · м ⁻² · с ⁻¹	Низшая теплота сгорания, кДж · кг ⁻¹
1	2	3
Бензин	61,7	41870
Ацетон	44,0	28890
Диэтиловый спирт	60,0	33500
Бензол	73,3	38520
Дизельное топливо	42,0	48870
Керосин	48,3	43540
Мазут	34,7	39770
Нефть	28,3	41870
Этиловый спирт	33,0	27200
Турбинное масло (ТП-22)	30,0	41870
Изопропиловый спирт	31,3	30145
Изопентан	10,3	45220
Толуол	48,3	41030
Натрий металлический	17,5	10900
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях 8-10%)	14,0	13800
Древесина (бруски) 13,7 %	39,3	13800
Бумага разрыхленная	8,0	13400
Бумага (книги, журналы)	4,2	13400
Книги на деревянных стеллажах	16,7	13400
Кинопленка триацетатная	9,0	18800
Карболитовые изделия	9,5	26900
Каучук СКС	13,0	43890
Каучук натуральный	19,0	44725
Органическое стекло	16,1	27670
Полистирол	14,4	39000
Резина	11,2	33520
Текстолит	6,7	20900
Пенополиуретан	2,8	24300
Волокно штапельное	6,7	13800
Волокно штапельное в кипах 40х40х40см	22,5	13800
Полиэтилен	10,3	47140
Полипропилен	14,5	45670
Хлопок в тюках 190 кг * м-3	2,4	16750
Хлопок разрыхленный	21,3	15700
Лен разрыхленный	21,3	15700
Хлопок+капрон (3:1)	12,5	16200
Краситель жировой 5С	-	33180
Краситель 9-78Ф п/э	-	20670

Продолжение табл. 1

1	2	3
Краситель фталоцианотен 4 «З» М	-	13760
Ледерин (кожзаменитель)	-	17760
Линкруст поливинилхлоридный	-	17080
Линолеум:		
масляный	-	20970
поливинилхлоридный	-	14310
поливинилхлоридный двухслойный	-	17910
поливинилхлоридный на войлочной основе	-	6570
поливинилхлоридный на тканевой основе	-	20290
Магний	-	25100
Мипора	-	17400
Линопор	-	19710

Таблица 2

**Значения критической плотности падающих лучистых потоков
для некоторых горючих материалов**

Материалы	Критическая плотность, кВт·м ⁻²
1	2
1. Винилискожа, ТУ 17-21-473-84	32,0
2. Декоративный бумажно-слоистый пластик, ТУ 400-1-18-64	24,0
3. Древесина (сосна, влажность 12 %)	13,9
4. Древесно-стружечная плита плотностью 417 кг·м ⁻³	8,3
5. Картон серый	10,8
6. Кожа искусственная «Теза», ТУ 17-21-488-84	17,9
7. Кожа искусственная «ВИК-ТР», ТУ 17-21-256-78	20,0
8. Кожа искусственная «ВИК-Т» на ткани 4ЛХ ТУ 17-21-328-80	20,0
9. Лакокрасочные покрытия РХО, ТУ 400-1-120-85	25,0
10. Линолеум ПВХ однослойный, ГОСТ 14632-79	10,0
11. Линолеум алкидный, ГОСТ 19247-73	10,0
12. Линолеум ПВХ на тканевой основе, ТУ 21-29-107-83	12,0
13. Металлопласт, ТУ 14-1-4003-85	24,0
14. Металлопласт, ТУ 14-1-4210-86	27,0
15. Нефтепродукты и другие легковоспламеняющиеся и горючие жидкости при температуре самовоспламенения, °С:	
300	12,1
350	15,5
400	19,9
500 и выше	28,0
16. Обои моющиеся ПВХ на бумажной основе, ТУ 21-29-11-72	12,0
17. Пергамин	17,4
18. Плита древесно-волокнистая, ГОСТ 8904-81	13,0

Продолжение табл. 2

1	2
19. Плита древесно-волоконная с лакокрасочным покрытием подценные породы дерева, ГОСТ 8904-81	12,0
20. Плита древесно-волоконная с лакокрасочным покрытием подценные породы дерева, ТУ 400-1-199-80	16,0
21. Плита древесно-стружечная, ГОСТ 10632-77	12,0
22. Плита древесно-стружечная с отделкой «Полиплен», ГОСТ 21-29-94-81	12,0
23. Покрытие ковровое для пола рулонное «Ворсолон», ТУ 21-29-12-72	5,0
24. Резина	14,8
25. Рулонная кровля	17,4
26. Слоистый пластик	15,4
27. Стеклопластик	15,3
Стеклопластик на полиэфирной основе, ТУ 6-55-15-88	14,0
Уголь	35,0
Хлопок-волокно	7,5

Таблица 3

**Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени
в зависимости от диаметра очага и удельная массовая
скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив**

Топливо	$E_t, \text{кВт} \cdot \text{м}^{-2}$					$m, \text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
	$d = 10 \text{ м}$	$d = 20 \text{ м}$	$d = 30 \text{ м}$	$d = 40 \text{ м}$	$d = 50 \text{ м}$	
СПГ (Метан)	220	180	150	130	120	0,08
СУГ (Пропан-бутан)	80	63	50	43	40	0,10
Бензин	60	47	35	28	25	0,06
Дизельное топливо	40	32	25	21	18	0,04
Нефть	25	19	15	12	10	0,04

Примечание. Для диаметров очагов менее 10 м или более 50 м следует принимать величину E_t такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно.

Таблица 4

Значения плотности воздуха при давлении 101 кПа

Температура, °С	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Плотность воздуха, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	1,248	1,226	1,205	1,185	1,165	1,146	1,128	1,11	1,093	1,076	1,06

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изм. и доп. от 02.07.2013 г.).
2. Федеральный закон от 4 мая 2011 г. № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности».
3. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изм. и доп.).
4. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (в ред. от 02.07.2013).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (с изм. и доп. от 17.05.2011 г.).
6. Положение о единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, утвержденное Постановлением Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. № 794.
7. Приказ МЧС России от 04.03.2011 № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (зар. в Минюсте России 5 апреля 2011 г., рег. № 20424).
8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Б.С. Мастрюков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Академия», 2004. – 326 с.
9. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. Учеб. пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев и др. – М.: Высш. шк., 2006. – 592 с.
10. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2001 г. – 382 с.
11. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий: Учеб. пособие / В.И. Юртушкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2011. – 308 с.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>ВВЕДЕНИЕ</i>	3
Глава 1. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях на химически опасных объектах	6
1.1. Общая характеристика и классификация ХОО	6
1.2. Классификация и характеристика АХОВ	10
1.3. Действия персонала ХОО и населения при авариях с АХОВ	26
1.4. Прогнозирование масштабов заражения при авариях на ХОО	29
1.5. Задание и исходные данные к практической работе	39
Вопросы для самоконтроля	46
Рекомендуемая литература	46
Глава 2. Прогнозирование и оценка последствий взрывов на потенциально опасных объектах	48
2.1. Понятия, термины и определения	48
2.2. Классификация взрывов	50
2.3. Анализ источников и опасности воздействия аварийных взрывов на потенциально опасные объекты	54
2.4. Предварительная оценка опасности аварийного взрыва	61
2.5. Методика прогнозирования и оценка последствий аварийных взрывов	64
2.6. Задание и исходные данные к практической работе	79
Вопросы для самоконтроля	83
Рекомендуемая литература	83
Глава 3. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки при авариях на радиационно опасных объектах	85
3.1. Основные понятия, термины и определения	85
3.2. Общие положения о радиационной безопасности персонала и населения	94
3.3. Средства радиационной разведки и дозиметрического контроля	102
3.4. Организация жизнедеятельности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению	117
3.5. Прогнозирование и оценка радиационной обстановки	123
3.6. Задание и исходные данные к практической работе	132
Вопросы для самоконтроля	134
Рекомендуемая литература	135
Глава 4. Прогнозирование и оценка обстановки при авариях на гидродинамически опасных объектах	136
4.1. Основные понятия, термины и определения	136
4.2. Общие требования к обеспечению безопасности гидротехнических сооружений	142
4.3. Прогнозирование и оценка обстановки при аварии на гидротехническом сооружении	156
4.4. Задание и исходные данные к практической работе	159
Вопросы для самоконтроля	161
Рекомендуемая литература	161

Глава 5. Прогнозирование и оценка пожарной обстановки	163
5.1. Основные понятия, термины и определения.....	163
5.2. Система обеспечения пожарной безопасности объекта.....	167
5.3. Методика прогнозирования пожарной обстановки.....	171
5.3.1. Методика определения категорий зданий	174
5.3.2. Методика определения категорий помещений А и Б.....	175
5.3.3. Методика определения категорий помещений В1-В4.....	185
5.3.4. Метод расчета интенсивности теплового излучения	187
5.3.5. Методика вычисления вероятности поражения человека.....	190
5.4. Задание и исходные данные к практической работе	193
Вопросы для самоконтроля.....	202
Рекомендуемая литература	202
Заключение	204
Приложения.....	205
Библиографический список	224

*Приходько Сергей Александрович,
доцент каф. БЖД АмГУ, канд. с/х наук*

Безопасность в чрезвычайных ситуациях: прогнозирование и оценка последствий техногенных чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие

Изд-во АмГУ. Подписано к печати 03.06.14. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 13,25. Тираж 100. Заказ 516.

Отпечатано в типографии АмГУ.

ДЛЯ ЗАМЕТОК