

Министерство образования и науки Украины
Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры

Кафедра "Безопасность жизнедеятельности"

Техногенные аварии со взрывами и разрушениями плотин

Методические указания для
самостоятельной работы
по курсу "Безопасность жизнедеятельности"

г. Днепропетровск, 2008

Техногенные аварии со взрывами и разрушениями плотин. Методические указания для самостоятельной работы по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / Составили: Пушнин Л.П., Капленко Г.Г., Фоменко Ф.И. – Днепропетровск: ПГАСА, 2008. – 64с.

В методических указаниях показаны потенциальные и реальные источники техногенных опасностей и причины их проявления.

Рассматриваются некоторые свойства взрывов взрывчатых веществ и газозо-воздушных смесей углеводородных продуктов, их поражающие факторы и методика прогнозирования последствий их воздействий на человека и окружающую среду.

Показана примерная методика определения масштабов катастрофического затопления местности при разрушениях плотин водохранилищ и возможные последствия на примере Днепровского каскада гидроузлов.

Предназначены для студентов ПГАСА, изучающих курсы «Безопасность жизнедеятельности» и «Гражданская оборона», а также могут быть использованы специалистами по вопросам безопасности и штабами гражданской защиты объектов хозяйствования.

Составители:	Пушнин Л.П., доцент Капленко Г.Г., к.т.н., ассистент Фоменко В.И., к.т.н., доцент, зав. каф.
Рецензент:	Запрудин В.Ф., к.т.н., доцент
Ответственный за выпуск:	Фоменко В.И., к.т.н., доцент, зав. каф. БЖД, ПГАСА

Утверждено на заседании кафедры
«Безопасность жизнедеятельности»
Протокол №8 от 9.04.2008
Зав. каф. БЖД Фоменко В.И.

Утверждено на заседании
президиума методического
совета ПГАСА
Протокол №

Днепропетровск, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА 1. Техногенные опасности	4
1.1. Потенциальные и реальные источники техногенных опасностей и причины их проявления.....	4
1.2. Характеристика производственных аварий.....	9
ГЛАВА 2. Техногенные аварии со взрывами	12
2.1. Взрывы как техногенные события производственных аварий.....	12
2.2. Некоторые свойства взрывов и их последствия.....	13
2.3. Промышленные конденсированные взрывчатые вещества.....	17
2.4. Объемные взрывы.....	18
2.5. Пылевоздушные смеси.....	19
2.6. Образование воздушной ударной волны при взрывах КВВ и ГПВС.....	20
2.7. Воздействие воздушных ударных волн на окружающую среду.....	23
ГЛАВА 3. Прогнозирование инженерной обстановки при авариях со взрывами	26
3.1. Общие положения.....	26
3.2. Содержание и последовательность прогнозирования инженерной обстановки.....	27
3.3. <u>Задача А.</u> Взрывы промышленных конденсированных взрывчатых веществ при их хранении или перевозке.....	28
3.4. <u>Задача Б.</u> Взрывы газопаровоздушных смесей при разрушении емкостей с газом.....	31
3.5. <u>Задача В.</u> Взрывы газовоздушных смесей при разрыве магистрального (сетевого) газопровода на открытой местности.....	34
3.6. <u>Задача Г.</u> Взрывы газовоздушных смесей при разрыве газопровода в закрытом помещении или при утечке газа из бытовых приборов.....	35
ГЛАВА 4. Прогнозирование последствий при прорывах (разрушениях) плотин гидроузлов	38
4.1. Общие понятия о гидротехнических сооружениях.....	38
4.2. Гидродинамические аварии и их последствия.....	40
4.3. Прогнозирование обстановки при катастрофических затоплениях.....	42
4.4. Защита населения при катастрофических затоплениях.....	44
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	63

ГЛАВА 1. ТЕХНОГЕННЫЕ ОПАСНОСТИ

1.1. Потенциальные и реальные источники техногенных опасностей и причины их проявления

Современное воздействие хозяйственной деятельности человека на окружающую среду становится все более разрушительным и соизмеримым с действиями природных факторов. Вторгаясь в природу и создавая инженерные комплексы большой мощности, человечество формирует новую чрезвычайно сложную систему, включая техносферу, закономерности которой пока что не совсем изучены.

Мировой опыт показывает, что современные технологии, при условии использования лучших достижений в сфере безопасности промышленных производств, не исключают возникновения техногенных опасностей, а концентрация производственного потенциала создает условия возникновения крупномасштабных аварий и катастроф.

Сложность и масштабность проблемы обеспечения безопасности населения и окружающей среды при крупных авариях и катастрофах и необходимость ее решения органами государственной власти и управления всех уровней обуславливается тем, что в Украине наблюдаются чрезмерные техногенные нагрузки на природную среду. Эти нагрузки являются следствием функционирования крупных промышленных комплексов, большинство из которых потенциально опасны наличием в них агрегатов и установок большой мощности, развитой сетью транспортных коммуникаций, большим количеством объектов энергетики, использованием в производстве многих опасных и вредных веществ.

Промышленные регионы Украины являются зонами с чрезвычайно высокой степенью вероятности возникновения аварий и катастроф техногенного характера, так как постоянно возрастает доля застарелых технологий и оборудования, снижение темпов обновления и модернизации производств. Износ основных производственных фондов всех отраслей экономики составляет в среднем 50 %.

Наибольшую опасность представляют радиационные и транспортные аварии, аварии с выбросами химических и биологических опасных веществ, взрывами и пожарами, гидродинамические аварии, аварии на электроэнергетических системах и очистных сооружениях.

Так, например, техногенные аварии и катастрофы по видам и масштабности распределяются: пожары и взрывы – 31,5%, транспортные аварии – 22,7%, аварии на системах жизнеобеспечения – 17,8%, внезапное разрушение сооружений – 13,1%, аварии на электроэнергетических системах – 10,2%, аварии с выбросом опасных химических веществ – 4,7%.

Аварии, сопровождаемые взрывами, пожарами и разрушениями, наиболее часто возникают на предприятиях химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также на объектах жилищно-коммунального назначения и транспорта.

На территории Украины функционирует более 1200 крупных взрывопожароопасных объектов, на которых сосредоточено свыше 13,6 млн. тонн твердых и

жидких пожароопасных веществ. Большая часть этих объектов находится в центральных, восточных и южных областях Украины, где сконцентрированы химические, нефте- и газоперерабатывающие, коксохимические, металлургические и машиностроительные производства; развита сеть нефте-, газо-, аммиакопроводов, эксплуатируются нефтегазовые промыслы и угольные шахты. Последствия пожаров и взрывов таковы, что каждый час гибнет 1 человек, около 20 человек получают ожоги и травмы, а 1 млн. тонн добытого угля обходится гибелью 1 человека.

Протяженность магистральных газопроводов в Украине составляет более 35,2 тыс. км; магистральных нефтепроводов 3,9 тыс. км; продуктопроводов - 3,3 тыс. км. Их работу обеспечивают 31 компрессорная нефтеперекачивающая и 89 компрессорных газоперекачивающих станций.

Анализ состояния основных фондов и технического оборудования нефте-, газо- и продуктопроводов показывает, что существующая их сеть выработала свой ресурс и представляет собой повышенную аварийность в этой отрасли экономики. При этом 14% местной части магистральных газопроводов выработали свой амортизационный срок, а 44% имеют малонадежное и некачественное антикоррозийное покрытие, что приводит к интенсивной коррозии металла труб.

Повышенная опасность нефтегазовой промышленности обусловлена, прежде всего, физическими и химическими свойствами нефти и газа – их взрывопожароопасностью, а также токсичностью. Пары нефтепродуктов, горючих газов и некоторых опасных химических веществ в смеси с кислородом воздуха образуют газопаровоздушные смеси (ГПВС), которые относят к классу объемных взрывов.

Взрывы ГПВС в замкнутом пространстве могут возникать в помещениях и зданиях в результате утечки газа из бытовых приборов, элементов оборудования, а также в емкостях для хранения и транспортировки взрывоопасных веществ (резервуарах, газгольдерах, цистернах, грузовых отсеках танкеров). Взрывы резервуаров с большим количеством сжиженного газа сопровождаются с образованием осколочного поля.

Разрушительное последствие объемного взрыва можно показать на трагическом событии, которое произошло 13 сентября 2007 г. в г. Днепропетровске. В 10 часов 20 минут в подъезде 10-ти этажного панельного жилого дома произошел взрыв газовоздушной смеси (ГВС). ГВС образовалась в результате разрыва трубы внутреннего газопровода на первом этаже третьего подъезда дома от повышенного давления в системе подачи бытового газа.

В результате взрыва полностью был разрушен третий подъезд дома, уцелела лишь тыльная стена подъезда. Взрывной волной частично разрушено 37 малоэтажных зданий и 8 девятиэтажных жилых домов (выбиты оконные рамы и остекление). Погибло 23 человека, в том числе 7 детей, а для 508 жителей нарушены нормальные условия жизнедеятельности. Материальный ущерб составил более 107,6 млн. грн. Для ликвидации последствий взрыва было задействовано 1485 человек, 170 единиц техники и 6 поисковых собак от МЧС Украины и других министерств и ведомств.

Взрывы ГПВС в неограниченном пространстве могут происходить в результате разрушений газопроводов, разлива сжиженного газа, его испарения и возгорания с переходом в детонацию. Такие взрывы, как правило, приводят к гибели большого количества людей и значительному материальному и моральному

ущербу.

Так, например, 3 июня 1989 года в 23 часа 15 минут при прохождении встречных пассажирских поездов на железнодорожном перегоне Улу-Теляк-Казаяк (Башкортостан, Россия) произошел взрыв ГПВС, которая образовалась в результате разрыва продуктопровода диаметром 720 мм с рабочим давлением 3,5-3,8 МПа (35-38 атм.) Место аварии находилось в 900 м от железнодорожного полотна, которое оказалось в центре сплошной зоны загазованности площадью около 250 га. В момент катастрофы по нему транспортировалась смесь 8 компонентов: метан, этан, пропан, изобутан, нормальный бутан, изопентан, нормальный пентан и гексан. Средняя производительность продуктопровода составляет 300 тонн в час.

В результате взрыва ударной волной от поездов было оторвано и сброшено под откос 11 вагонов из 37 (5 одного и 6 другого), из которых 7 полностью сгорели. Остальные 26 вагонов обгорели снаружи и полностью выгорели внутри.

Из 1284 пассажиров этих поездов, в числе которых 383 ребенка, погибло свыше 780 человек. Данные о погибших установлены аналитическим путем, поскольку останки около 200 человек не удалось разыскать и идентифицировать. Предполагается, что они полностью сгорели в вагонах.

На месте взрыва было разрушено 350 м железнодорожного пути, 3000 м электроконтактной сети, 1700 м воздушных линий связи и систем электро-блокировки, повреждены линии электропередачи, опоры контактной сети, железобетонные опоры ЛЭП.

В ближайших населенных пунктах с максимальным удалением 15 км произошли разрушения различной степени: выбиты окна, вырваны оконные рамы, разрушены фронтоны и шиферные кровли домов.

Для ликвидации последствий аварии было привлечено 11 тыс. человек и 1,5 тыс. единиц техники.

Ежегодно в Украине транспортом общего пользования перевозится около 3 млрд. пассажиров и более 900 млн. тонн грузов, в том числе 15% потенциально опасных – радиоактивных, взрывопожароопасных, химических и других опасных веществ и материалов.

На железнодорожный транспорт приходится около 60% всех грузовых перевозок, на автомобильный – 26%, на речной и морской – 14%.

Безопасность пассажирских и грузовых перевозок железнодорожным транспортом определяется состоянием подвижного состава и железнодорожных путей. Уровень изношенности вагонного хозяйства составляет 60%. Отработали нормативный срок и подлежат списанию 50% вагонов электро- и 35% дизельных поездов, требуют замены около 20% железнодорожных путей, 16% железнодорожных путей находятся в аварийном состоянии.

Высокая потенциальная опасность транспорта свидетельствует о том, что из общего количества человеческих жертв в результате техногенных аварий и катастроф на долю транспорта приходится 42,7% погибших и 55,2% пострадавших.

Критическое положение сложилось в коммунальном хозяйстве. Четвертая часть водопроводных очистных сооружений и сетей фактически выработали срок эксплуатации, 22% сетей находятся в аварийном состоянии. Закончился срок эксплуатации каждой пятой насосной станции и половины насосных агрегатов. Из 344870 объектов коммунального хозяйства непригодными для дальнейшей эксплуатации являются 900 объектов, из них 250 объектов и 4400 км инженерных

сетей находятся в угрожающем техническом состоянии.

Более 80% энергоблоков на тепловых электрических станциях Украины отработали свой расчетный ресурс, а 48% превысили предельные сроки эксплуатации. Около 50 тыс. км электросетей, принятых в эксплуатацию до 1970 г., практически выработали свой ресурс.

В основных отраслях промышленности эксплуатируется более 35 млн. тонн несущих металлических конструкций и более 250 млн. м³ железобетонных конструкций, которые выработали свой ресурс.

Результаты расследования аварий зданий и сооружений, построенных 50-70 лет тому назад, а также за последние 20-30 лет свидетельствуют о том, что в стране отсутствуют соответствующие системы, которые обеспечивали бы квалифицированную эксплуатацию, инженерную диагностику их состояния, своевременный ремонт и проведение необходимых организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение аварий.

Потенциальную опасность для многих регионов Украины несут в себе гидротехнические сооружения (плотины, дамбы, запруды), которые образуют около 1000 водохранилищ общей емкостью до 100 км³ воды с зеркальной поверхностью до 10000 км² и 24000 прудов.

Так, например, водохранилища Днепровского каскада гидроэлектростанций вмещают 44 км³ воды с площадью зеркала 6974 км². При разрушении плотин этих водохранилищ площадь катастрофического затопления составит 4557 км² с 476 населенными пунктами, где проживает около 1,8 млн. человек. Будет выведено из строя около 400 промышленных предприятий, 14 электростанций, 2000 км линий электропередач, многочисленные сети и сооружения газового и водного хозяйства крупных городов.

Объемы водохранилищ и другие параметры гидроузлов Днепровского каскада представлены в таблице приложения 15.

Значительной опасностью для человека и окружающей среды является отходность производственных процессов. Как правило, производство осуществляется по замкнутому циклу. Конечный продукт в одном цикле становится исходным для нового производственного цикла.

Так, например, для обеспечения жизнедеятельности человека в год расходуется не менее 20 тонн природных ресурсов. Из них лишь 5-10 % идут на продукцию, а 90-95% поступают в отходы, зачастую в виде несвойственных природе веществ. Это ведет не только к преждевременному истощению природной среды, но и к разрушению экологических систем.

При этом необходимо отметить две особенности проявления результатов деятельности человека в техносфере. Первая касается времени: результаты производственно-хозяйственной деятельности, разрушение или загрязнение среды обитания могут проявляться не только в настоящем, но и в будущем, при жизни других поколений, когда виновник не сможет быть свидетелем пагубных последствий своих действий.

Вторая особенность относится к проявлению последствий в пространстве: техногенное воздействие на природу в одном регионе, благодаря действующим законам единства и взаимосвязи природной среды, могут оказать влияние на дру-

гие регионы. Например, последствия Чернобыльской катастрофы 1986 года создают серьезные проблемы не только для населения Украины, но и для соседних государств.

Таким образом, в результате техногенных аварий и катастроф складывается чрезвычайная ситуация, внезапное возникновение которой приводит к значительным социально-психологическим, экономическим и экологическим потерям, возникает необходимость защиты людей, проведения спасательных, медицинских, эвакуационных мероприятий и других неотложных работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Анализ последствий крупных аварий и катастроф показывает, что причинами их проявления являются:

- крайне низкий уровень обеспечения технической безопасности производств и технологий, который, в свою очередь, связан с прогрессирующим старением фондов; медленными темпами реконструкции производств и обновлением техники и технологий; низким качеством и отсутствием необходимого ассортимента приборов контроля, автоматики и средств защиты; низким уровнем технологической и производственной дисциплины; несовершенством, а иногда и просчетами проектных разработок;

- действующий хозяйственный механизм, его структуры, как и структуры государственного надзора, не обеспечивают пока должной восприимчивости проблем технической безопасности, заинтересованности в приоритетном отношении к этим вопросам. Более того, имеющиеся негативные тенденции продолжают нарастать из-за деформации связей в хозяйственном, экономическом и государственном механизмах;

- практически отсутствуют или не действуют правовые основы комплекса проблем обеспечения технической безопасности производств и объектов, защиты населения, работающих и окружающей среды от возможного воздействия потенциально опасных производств;

- продолжается утаивание причин и последствий некоторых аварий и катастроф;

- низкая профессиональная подготовка персонала объектов и населения к действиям в экстремальных условиях;

- возрастающий дефицит квалифицированных кадров;

- значительная концентрация населения, проживающего вблизи потенциально опасных объектов хозяйствования, связанная со всеобщей урбанизацией способа жизни (городское население составляет около 75% от общего количества);

- социальная и технологическая «усталость» общества и производственных объектов;

- низкий уровень жизни большинства населения;

- появление новых заболеваний (наркомания, СПИД, туберкулез и др.), обострение криминогенной обстановки, распространение терроризма;

- информационное давление на психику людей, которое порождает значительное количество психических расстройств;

Переход к рыночной экономике еще более усложняет ситуацию. Вероятность возникновения производственных аварий увеличиваются как при ухудшении технического состояния производства или его развале, так и при интенсификации производств и введении новых технологий, расширении номенклатуры обрабатываемых, хранящихся или используемых в производстве опасных веществ и материалов, а также при росте энерговооруженности предприятий. Прежде чем процессы саморегуляции при рыночных отношениях дадут плоды, а основой развития производств станет схема «безопасно - стабильно - прибыльно» хозяйственному механизму и экономике в целом предстоит пройти достаточно сложный и длительный путь.

Для обеспечения надежной защиты населения и территорий необходимо иметь четкое представление о тех процессах и причинах, которые могут вызвать чрезвычайные ситуации, и о возможной оценке их последствий. Без знания причин и процессов, приводящих к чрезвычайным ситуациям, невозможно правильно разрабатывать мероприятия по предупреждению и ликвидации их последствий.

1.2. Характеристика производственных аварий

Среди объектов хозяйствования своими потенциально опасными характеристиками более всего выделяются промышленные объекты и объекты транспорта, которые характеризуются повышенными параметрами технологических процессов: наличием высокотемпературных, ядовитых и агрессивных компонентов, высокими скоростями функционирования элементов, концентрацией большого количества энергии на малой площади, образованием в ходе производства опасных продуктов и т.д. Все это может создавать условия и предпосылки к неожиданному нарушению работы или выходу из строя отдельных механизмов, агрегатов, коммуникаций, сооружений или их контрольно-измерительных систем...

Причинами производственных аварий и катастроф могут стать стихийные бедствия, дефекты, допущенные при проектировании и строительстве сооружений, ошибки при монтаже систем, нарушения технологии производства и правил эксплуатации сооружений, транспорта, оборудования, машин, механизмов, а также из-за случайных или преднамеренных внешних воздействий.

Таким образом, **производственная авария** – это опасное событие техногенного характера, создающее на объекте или отдельной территории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного процесса, а также нанесению ущерба окружающей природной среде.

Производственная катастрофа – это крупная промышленная авария, повлекшая за собой человеческие жертвы, нанесящая ущерб здоровью людей, либо разрушение и уничтожение объектов, материальных ценностей в значительных размерах, а также приводящая к серьезному ущербу окружающей природной среде.

Производственные аварии являются носителями определенных опасных признаков, вытекающих из производственной деятельности предприятий и объ-

ектов, как потенциальных инициаторов аварий.

Выделяют несколько характерных групп опасных признаков производственных аварий и катастроф:

- **термобарические и механические** – образующие волны избыточного давления в различных средах (воздух, вода, грунт и др.) и осколочные поля при взрывах, тепловую радиацию и конвективные тепловые потоки при пожарах и объемных взрывах;

- **физические** – образующие электромагнитные и звуковые поля;

- **химические** – формирующие зоны химического заражения территории;

- **радиационные** – образующие радиационные поля и формирующие зоны радиоактивного загрязнения местности;

- **гидродинамические** – возникающие при разрушении напорного фронта гидротехнических сооружений (плотин, гидроузлов, запруд) с образованием волн прорыва, затоплением пойменных территорий рек, долин и разрушением искусственных сооружений, находящихся ниже гидроузла.

Аварии и катастрофы на промышленных объектах в своем развитии проходят четыре условные типовые фазы: зарождение, инициирование, кульминационное развитие, с выходом последствий за пределы аварийного блока, и затухание.

В фазе зарождения складываются условия и предпосылки будущей аварии: накапливаются проектно-производственные дефекты воздействия технологических процессов на материалы конструкций объекта, нарушения правил эксплуатации технологического процесса и внешние природные факторы, происходят сбои в работе оборудования, инженерно-технического персонала и т.д.

Установить продолжительность фазы зарождения, причем весьма приблизительно, можно только с помощью регулярной статистики отказов, сбоев в работе, «локальных» аварий, прогноза стихийных явлений, которые могут вызвать аварии, а, следовательно, и чрезвычайные ситуации на промышленных объектах.

В фазе инициирования предприятие или его часть переходит в нестабильное состояние, когда появляется фактор неустойчивости; авария еще не произошла, но ее предпосылки налицо. В этот период, в ряде случаев, еще может существовать реальная возможность, либо ее предотвратить, либо значительно уменьшить ее масштабы, при этом существенная роль отводится человеческому фактору, так как свыше 60% аварий происходит из-за ошибок персонала.

Во всех случаях, причина аварии, как правило, никогда не единична. В качестве ее выступает совокупность обстоятельств, каждое из которых само по себе не способно инициировать крупную аварию, только их сочетание приводит к катастрофическим последствиям.

В фазе кульминации происходит высвобождение энергии или вещества, оказывающее неблагоприятное воздействие на население и окружающую среду. Особенность этой фазы в том, что она имеет цепной характер протекания аварии, когда разрушительные действия инициирующего события многократно (иногда в сотни раз) усиливаются вследствие вовлечения в процесс энергонасыщенных, токсичных, биологически активных компонентов. При этом масштабы последствий и характер протекания аварии в значительной степени определяются не начальным событием, а структурой предприятия и, используемой на нем, техно-

логией.

В фазе затухания происходит истощение высвобождающейся энергии или вещества, воздействие их поражающих факторов стабилизируется или прекращается, либо проводится локализация их прямых и косвенных воздействий.

В фазе затухания одновременно с работами по локализации аварии ведутся работы по ликвидации ее последствий: устраняются результаты действия опасных и поражающих факторов, порожденных аварией; проводятся спасательные и другие неотложные работы в очаге аварии и на пострадавшей территории.

Рассмотренные выше фазы цикла производственной аварии, в свою очередь, формируют три стадии: аварийная ситуация, авария или катастрофа с формированием чрезвычайной ситуации, локализация и ликвидация последствий. Связь между фазами и стадиями аварии представлена на рис.1.



Рис. 1. Фазы и стадии развития аварий

Фазы зарождения и инициирования формируют стадию аварийной ситуации производственной аварии.

Под аварийной ситуацией понимают состояние потенциально опасного объекта, когда нарушены пределы и/или условия безопасной эксплуатации, при которых неблагоприятные воздействия источников опасностей удерживаются в приемлемых пределах при помощи соответствующих технических систем, предусмотренных проектом, а объект переводится на особый режим функционирования.

Фаза кульминации формирует чрезвычайное событие (аварию), которое, при определенных чрезвычайных условиях может перейти в чрезвычайную ситуацию (катастрофу).

Чрезвычайное событие – это зональное (объектовое, местное, региональное или общегосударственное) происшествие техногенного, природного или социально-политического характера, которое заключается в резком отклонении от норм протекающих процессов или явлений и оказывающее значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, функционирование экономики, социальную сферу и природную среду.

Чрезвычайные условия – это характерные черты общей обстановки, сложившиеся в соответствующей зоне, на объекте, в регионе и т. д., в результате чрезвычайного события и других, одновременно с ним действующих, усугубляющих или стабилизирующих факторов, в том числе и местных условий.

Чрезвычайная ситуация техногенного или природного характера – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на отдельной территории или объектов на ней, вызванное аварией, катастрофой, стихийным бедствием или иным опасным происшествием, которые привели к невозможности проживания населения на этой территории или объекте, ведения там хозяй-

ственной деятельности, гибели людей или значительным материальным потерям.

Таким образом, чрезвычайная ситуация является следствием совокупности исключительных обстоятельств, которые сложились на объекте или соответствующей территории в результате чрезвычайного события техногенного, или иного характера, а также под влиянием возможных чрезвычайных условий.

Исходя из специфики производственных условий и характера возникшей аварийной ситуации, производственные аварии могут проявляться в виде взрыва, выброса загрязняющих, радиоактивных, и токсичных веществ, внезапном разрушении зданий, сооружений (авария как видовое понятие). То есть, разрушение зданий, сооружений (аварии) могут являться как причиной, так и следствием пожаров, взрывов или выбросов. Все они как разновидности аварийных событий могут находиться во взаимосвязи между собой и являются причинами возникновения друг друга (рис. 2).

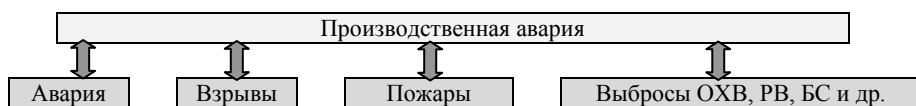


Рис. 2. Аварийные события производственных аварий

ГЛАВА 2. ТЕХНОГЕННЫЕ АВАРИИ СО ВЗРЫВАМИ

2.1. Взрывы как техногенные события производственных аварий

В безопасности жизнедеятельности взрывы рассматриваются не с точки зрения производственной или другой необходимости, а как опасный фактор с поражающими параметрами, способными производить разрушения элементов техносферы различной степени и поражение людей.

Взрывы в промышленности являются одним из проявлений аварийных событий, как правило, на взрывоопасных объектах, к которым относятся предприятия оборонной, нефте-, газодобывающей, нефтехимической, пищевой, текстильной, фармацевтической отраслей экономики, склады боеприпасов, горючих жидкостей, сжиженных газов, продуктопроводы различного назначения и др. Все эти объекты, во-первых, имеют достаточно широкое распространение и, во-вторых, на них в обороте имеется большое количество пожаро-, взрыво-опасных и токсичных веществ.

Таким образом, под **взрывоопасным объектом (ВВО)** понимают объект, в технологической схеме которого находят производство, хранение, применение и транспортирование взрывчатых веществ, горючих жидкостей и газов, пылевоздушных смесей и др., обладающих запасом потенциальной энергии, способной при большой скорости высвобождения генерировать ударную волну, которая и оказывает разрушающее воздействие на объект окружающей среды.

Взрывы могут быть как запланированными, так и случайными, непредвиденными. К запланированным относятся взрывы зарядов конденсированных (обычных) взрывчатых веществ (ВВ) при разработке горных пород, при штамповке, упрочнении и сварке металлов, в строительстве и в других отраслях про-

мышленности, а также при диверсиях и террористических акциях.

Случайные взрывы происходят при хранении, изготовлении и транспортировке взрывчатых веществ в результате нарушения технологии, правил эксплуатации и мер безопасности при обращении со взрывчатыми веществами и взрывными устройствами.

Случайные взрывы также могут происходить при разрушениях емкостей с газом (бутан, пропан, этан и др.) или разрывах газопроводов, при утечке газа из оборудования, аппаратов, бытовых приборов жилых зданий с образованием взрывных газозвудушных смесей, а также при скоплении производственной пыли (угольный, сахарной, мучной, текстильной и др.) в помещениях с образованием взрывных пылевоздушных смесей. Все эти смеси при определенных условиях могут инициировать объемные взрывы, обладающие огромной разрушительной способностью.

2.2. Некоторые свойства взрывов и их последствия

Взрыв – это быстрое неуправляемое высвобождение большого количества энергии за короткий промежуток времени в ограниченном объеме, связанное с внезапными изменениями состояния вещества, сопровождаемое механическим воздействием на окружающую среду. Взрывчатое вещество при этом превращается в газ с очень высокой температурой и давлением.

Общим признаком взрыва является образование в локальной области зоны повышенного давления с последующим распространением по окружающей среде со сверхзвуковой скоростью взрывной (ударной) волны, представляющей собой скачек давления, плотности, температуры и скорости среды. Взрыв в твердой среде вызывает ее разрушение и дробление, в воздушной или водной – образует воздушную или гидравлическую ударную волну, которая и оказывает разрушающее воздействие на объекты.

Взрывы могут быть ядерными, физическими или химическими. Источниками их энергии являются, соответственно, ядерные, физические или химические процессы.

При ядерных взрывах происходит превращение атомных ядер исходного вещества в ядра других элементов, которое сопровождается выделением энергии связей элементарных частиц (протонов и нейтронов), входящих в состав атомного ядра. Существует два типа ядерных превращений: реакция деления и реакция синтеза.

Реакция деления основана на способности определенных изотопов тяжелых элементов урана или плутония к делению, при котором образуются ядра более легких элементов. Другой тип ядерной реакции – реакция синтеза легких ядер (дейтерия и лития) при высоких температурах. Реакция деления и синтеза атомных ядер сопровождаются выделением огромного количества энергии с образованием мощной взрывной волны, интенсивным испусканием света и проникающей радиации. Например, при делении всех ядер, содержащихся в 50 г урана или плутония, освобождается такое же количество энергии как и при детонации 1000 тонн тротила. Ядерные взрывы в данном пособии не рассматриваются.

При физических взрывах высвобождающаяся энергия является внутренней энергией сжатого или сжиженного газа (пара). Сила таких взрывов зависит от расширяющегося давления, а разрушения могут быть вызваны ударной волной расширяющегося газа (пара) или осколками разорвавшегося резервуара.

При химических взрывах энергоносителями являются твердые, жидкие и газообразные вещества или аэрозвеси горючих веществ в окислительной среде:

- твердые и жидкие энергоносители содержат восстановители и окислители или химически нестабильные соединения. При взрыве в энергоносителях с огромной скоростью протекают экзотермические окислительно-восстановительные реакции или реакции термического разложения с выделением тепловой энергии;

- газообразные энергоносители – это гомогенные смеси горючих газов или паров с газообразными окислителями либо нестабильные газообразные соединения, склонные к термическому разложению без окислителя. Взрывы инициируются экзотермическими реакциями окисления горючего вещества или реакцией разложения нестабильных соединений;

- двухфазные взрывоопасные аэрозвеси – это мелкодисперсные горючие жидкости или твердые вещества в окислительной среде. Источник энергии взрывов – тепло сгорания вещества.

По плотности вещества химические взрывы делят на:

- взрывы конденсированных (обычных) взрывчатых веществ (ВВ), при которых атомы углерода и водорода в молекулах вещества замещаются атомами азота;

- объемные взрывы, при которых горючее рассеивается в воздухе, образуя газовоздушные смеси (ГВС), или паро-, пылевоздушные облака.

Все химические процессы, связанные с быстрым превращением и тепловым или диффузионным их ускорением, в том числе, разложение взрывчатых веществ, относят к горению. Основу горения составляют экзотермические окислительные реакции вещества, способного к горению с окислителем. Характерной чертой явлений горения является их способность к пространственному распространению, вследствие передачи тепла или диффузии активных частиц. Диффузионный механизм горения обычно наблюдается при низких давлениях и широко применяется в технике для получения тепла в топках, печах, камерах сгорания двигателей и др.

Важным вопросом теории горения является процесс распространения пламени – зоны резкого возрастания температуры и интенсивной реакции. Различают нормальное распространение горения или дефлаграцию и взрывное горение – детонацию.

Дефлаграция – это разновидность процесса горения, происходящего с дозвуковой скоростью, в ходе которого фронт химической реакции продвигается по горючей смеси преимущественно **благодаря процессу теплопроводности**. При дефлаграции скорость горения газовой смеси (парового облака) составляет 100-300 м/с, а избыточное давление воздушных ударных волн – 20 кПа и более.

Дефлаграционное горение газовых смесей переобогащенных топливом в свободном пространстве образует огненный шар, а переходу к детонации способ-

ствуют препятствия (здания, сооружения, пересеченная местность) на пути распространения пламени, вызывающие турбулизацию.

Детонация – (франц. *dé toner* – взрываться, от лат. *detono* – гремлю) – процесс химического превращения взрывчатого вещества, сопровождающийся освобождением энергии и распространяющийся по веществу в виде волны от одного слоя к другому со скоростью, превышающей скорость звука (скорость распространения деформаций) в исходном материале. При этом химическая реакция **вводится** интенсивной **ударной волной**, образующей передний фронт детонационной волны. Благодаря резкому повышению температуры и давления за фронтом ударной волны, химические превращения протекают чрезвычайно быстро в очень тонком слое, непосредственно прилегающем к фронту волны (рис. 3,4)

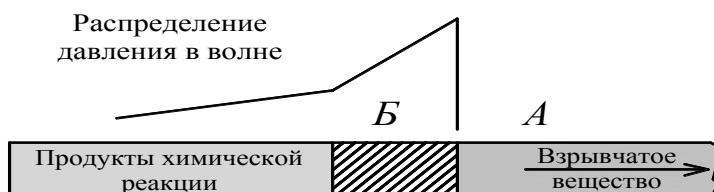


Рис. 3. Схема детонационной волны:
→ - направление распространения волны
А - фронт ударной волны; Б - зона химической реакции

Выделение энергии при детонации обеспечивает сохранение высокого давления в ударной волне на постоянном уровне. Таким образом, детонация представляет собой самоподдерживающийся процесс, который создается во взрывчатом веществе интенсивным механическим или тепловым воздействием (удар, искровой разряд, взрыв металлической проволоки под действием электрического тока и т. д.)

Реакция детонации идет так быстро, что газообразные продукты оказываются сжатыми в объеме, близком к исходному объему с температурой несколько тысяч градусов. Резко расширяясь, сжатый газ наносит по окружающей среде удар огромной силы. Происходит взрыв.

Давление, которое создается при распространении детонационной волны в твердых и жидких ВВ со скоростью 6000-9000 м/с, составляет сотни тысяч атмосфер (20-50 ГПа).

В газовых смесях, при скорости распространения детонации 2000-3000 м/с, давление измеряется десятками атмосфер (до 2 МПа).

Материалы, находящиеся вблизи взрывчатого вещества, при взрыве подвергаются дроблению и сильнейшей пластической деформации, что характеризует **местное или бризантное действие взрыва**, которое определяется давлением, развивающимся при детонации, и зависит от плотности взрывчатого вещества (заряда) и скорости детонации.

Вдали от места взрыва разрушения менее интенсивны, но зона, в которой они происходят, гораздо больше, что характеризует его работоспособность, под

названием – **общее или фугасное действие взрыва**.

Фугасность или работоспособность взрывчатого вещества определяется количеством теплоты, выделяющейся при взрыве, а также объемом газообразных продуктов взрыва. Обычно работоспособность выражают в относительных единицах, используя в качестве стандартного ВВ тротил (тринитротолуол, ТНТ).

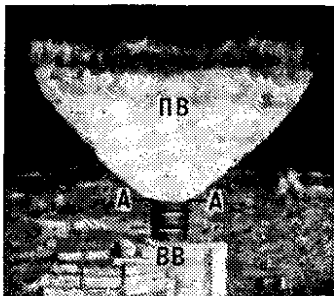


Рис. 4. Мгновенная фотография распространяющейся (сверху вниз) волны детонации в цилиндрическом заряде взрывчатого вещества:
А-А – фронт детонации; ВВ – взрывчатое вещество; ПВ – разлетающиеся газообразные продукты взрыва

Относительной единицей работоспособности ВВ является тротилевый эквивалент – это масса условного заряда химического ВВ (тротила), энергия взрывчатого разложения которого равна энергии при данном взрыве другого химического вещества.

Исходя из этого, степень разрушения объектов или разрушающее действие взрыва какого-либо ВВ характеризуют тротилевым эквивалентом, т.е. массой тротила, которая необходима, чтобы вызывать данный уровень (степень) разрушения.

В инженерных расчетах за относительную единицу работоспособности ВВ принят **коэффициент эффективности ВВ ($k_{эф}$)** – это отношение количества удельной теплоты взрыва какого-либо ВВ к количеству удельной теплоты взрыва тротила:

$$k_{эф} = \frac{Q_{ВВ}}{Q_{ТНТ}}, \quad (2.1)$$

где: $k_{эф}$ – коэффициент эффективности ВВ, $1 \geq k_{эф} \geq 1$; $Q_{ВВ}$, $Q_{ТНТ}$ – удельная теплота взрыва ВВ и тротила, кДж/кг; $Q_{ТНТ} = 4190$ кДж/кг;

2.3. Промышленные конденсированные взрывчатые вещества

Взрывчатыми веществами являются химические соединения или смеси веществ, способные к быстрой химической реакции, сопровождающейся выделением большого количества тепла и образованием газов под высоким давлением, которые расширяясь, производят ту или иную механическую работу.

В промышленности в качестве взрывчатых веществ и компонентов взрывчатых

смесей применяют нитросоединения: тротил (ТНТ – тринитротолуол, тол), тетрил, гексоген, октоген, ТЭН – тетранитропентаэритрит (нитроэфир), нитроклетчатка и др., а также соли азотной кислоты, особенно нитрат аммония (аммиачная селитра). Их называют конденсированные взрывчатые вещества (КВВ) или обычные взрывчатые вещества (ВВ).

Эти вещества обычно применяют в виде смесей, одним из основных компонентов которых является аммиачная селитра. Смесей селитры с горючим (соляровое масло) называют динамонами; с тротилом – амматоллами; с гексогеном и тротилом – скальными аммонитами; с порошкообразным алюминием, гексогеном и тротилом – скальными аммоналами. Для уменьшения чувствительности и опасности в обращении взрывчатые вещества смешивают с парафином, церезином и другими легкоплавкими добавками (процесс флегматизации ВВ).

Аммиачная селитра, широко применяемая в сельском хозяйстве в качестве минерального удобрения, при длительном хранении и определенных условиях способна к детонации. Так, например, в 1921 г. в г. Оппау (Германия) взорвался открытый склад, на котором хранилось около 4000 тонн аммиачной селитры. В результате взрыва погибло 1100 человек, ранено 1500 человек и повреждены строения в радиусе до 7 км.

По взрывчатым свойствам (условиям перехода горения в детонацию) и обусловленным ими областям применения, КВВ подразделяются на инициирующие (первичные), бризантные (вторичные) и метательные (пиротехнические или пороха).

Иницирующие ВВ – азид свинца, гремучая ртуть, тетразен и др., характеризуются высокой скоростью взрывного превращения. Чувствительны к удару, трению, поджиганию. Горят неустойчиво, с быстрым переходом в детонацию. Используют их для возбуждения детонации вторичных (менее чувствительных) ВВ в капсулах-детонаторах.

Бризантные ВВ (франц. briser – дробить, разламывать) – более инертны, не детонируют от простых начальных импульсов, как искра, луч пламени. К ним относят конденсированные ВВ. Основной режим их взрывного превращения – детонация со скоростью распространения 6000-9000 м/с, возбуждаемая небольшим зарядом инициирующего ВВ. Бризантные ВВ применяют для взрывных работ и в военном деле.

Метательные ВВ (пороха) не детонируют при горении, которое является основным режимом взрывного превращения. Их отличие от бризантных ВВ определяется не химическим составом, а физической структурой этих веществ (плотностью и прочностью заряда). Метательные свойства таких ВВ характеризуются **скоростью и объемом продуктов горения**.

Метательные ВВ применяют в качестве пороховых зарядов артиллерийских и минометных выстрелов, патронов для стрелкового и охотничьего оружия, твердотопливных ракетных двигателей и др.

2.4. Объемные взрывы

К классу объемных взрывов относят углеводородные продукты (УВП) – бутан, пропан, метан, этан, этилен и др., а также ряд химических соединений, относящихся к группе опасных химических веществ (ОХВ), которые при авариях (утечке) с выбросом их в атмосферу, испаряются, и в смеси с кислородом воздуха

образуют газопаровоздушные смеси способные к взрыву.

Объемные взрывы представляют собой газо-фазовые реакции, сопровождающиеся окислительно-восстановительными процессами между кислородом воздуха и воспламеняющимися молекулами газа, когда концентрация веществ достигает критического значения и находится между нижним ($\beta_{\text{н}}$) и верхним ($\beta_{\text{в}}$) концентрационными пределами детонации.

Детонационную волну в газовых смесях представляют как ударную волну, сопровождаемую волной горения. В отличие от дефлаграционного, данный процесс связан с разогревом газа ударной волной до температуры, обеспечивающей высокую скорость реакции (2000-3000 м/с) и распространение пламени, соизмеримую со скоростью ударной волны.

Давление на фронте детонационной волны в газовых смесях может достигать 2 МПа, а при взаимодействии её с конструкциями в помещениях, вследствие многократных отражений, может повышаться до 10 МПа.

Сформировавшееся при быстром испарении сферическое облако ГПВС считают неизменным в течении всего периода распространения фронта детонационной волны до внешней границы облака, схематично представленной на рис. 5 полусферой с радиусом R_1 и центром на поверхности грунта, совмещенным с источником инициирования.

При выходе за пределы границы облака расширяющие её продукты детонации возбуждают воздушную ударную волну, которая распространяется вдоль поверхности земли со сверхзвуковой скоростью.

В реальных условиях может образоваться несферическое облако ГПВС. Пропан, пропилен, бутadiен и другие газы с плотностью, превышающей плотность воздуха, образуют при испарении сплюснутое облако. При непрерывном истечении продукта и действии ветра облако становится сильно вытянутым, что может привести к значительному снижению давления взрыва по сравнению со взрывом сферического облака ГПВС.

Поражающими действиями объемного взрыва являются мощная воздушная ударная волна, сильное температурное воздействие (тепловое поле), а также токсическое воздействие газа и продуктов его сгорания.

При анализе случайных взрывов после массовой утечки газов установлено, что существует порог массы пролития, ниже которого взрыв не может вызвать разрушений. Так, при разливе 100-2000 кг разрушения возникают лишь для метана, этилена, водорода, смеси водорода с окисью углерода. Для других горючих веществ разрушения наблюдаются при разливах более 2000 кг.

Если сравнивать поражающую (разрушительную) способность взрыва облака ГПВС и взрыва обычного конденсированного ВВ, можно сделать следующие выводы:

- энергия, выделяющаяся в результате сгорания УВП, более чем в 10 раз превышает энергию взрыва обычных конденсированных ВВ (удельная тепловая энергия горения ГПВС составляет 46-50 МДж/кг, а тротила – 4,2 МДж/кг). **По энергии взрыва 1 тонна УВП соответствует 2,5-3 тоннам тротила.**
- максимальное избыточное давление взрыва облака ГПВС не превышает

2МПа, в то время, как максимальное избыточное давление конденсированного ВВ вблизи центра взрыва может достигать 20-50 ГПа.

- продолжительность действия ударной волны взрыва облака ГПВС составляет несколько сотен миллисекунд (мс), а конденсированных ВВ составляет десятки доли миллисекунд.

На практике степень разрушения элементов техносферы и поражения людей при взрывах газопаровоздушных смесей (объемных взрывов) оценивается в тротиловом эквиваленте, т.е. в указании того, какое количество тротила может вызывать эквивалентное разрушение или поражение людей.

В этом случае массу горючих газов, исходя из тротилового эквивалента определяют по формуле:

$$W_T = \frac{0,4 \cdot Q_{ГВС} \cdot Z \cdot Q}{0,9 \cdot Q_{ТНТ}}, \text{ т}, \quad (2.1a)$$

где: W_T – тротильный эквивалент газовоздушной смеси, т; **0,9** – доля энергии взрыва тротила, идущая непосредственно на формирование воздушной ударной волны; **0,4** – доля парогазовой среды (энергии), формирующая воздушную ударную волну; $Q_{ГВС}$ – теплота сгорания парогазовой среды (см. приложение 2) МДж/кг; $Q_{ТНТ}$ – теплота взрыва тротила (см. приложение 1), МДж/кг; $Z=0,5$ – доля массы парогазовой среды, участвующей во взрыве; Q – масса газовоздушной смеси, т.

По величине W_T и формуле (3.12) можно определить давление на фронте воздушной ударной волны на любом расстоянии $R > R_2$ (за пределами зоны действия продуктов взрыва, §3.4.1) и другие параметры.

По степени разрушения здания (приложение 9) и расстоянию от центра взрыва реально возможный тротильный эквивалент взрыва каких-либо КВВ и ГВС определяют по формуле:

$$W_T = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{R}{k} \right)^3 \left[\left(\frac{R}{k} \right)^3 + \sqrt{\left(\frac{R}{k} \right)^6 + 4 \cdot 3182^2} \right] \right]^{0,5}, \text{ кг} \quad (2.16)$$

где: R – расстояние от центра взрыва до рассматриваемого здания (радиус зоны разрушения), м; k – коэффициент, учитывающий степень разрушения здания: $k=3,8$ – полное разрушение здания; $k=5,6$ – 50% разрушение здания, которое подлежит сносу; $k=9,6$ – средние повреждения без обрушения, возможно восстановление; $k=28$ – умеренное (слабое) разрушение здания с разрушением дверей, оконных переплетов, кровли, внутренних перегородок; $k=56$ – малые повреждения с разрушением 90% остекления; $k>56$ (при $\Delta P_\phi=0,2$ кПа) – разрушено 50% остекления; $k>56$ (при $\Delta P_\phi=0,05$ кПа) разрушено 5% остекления.

По формулам 2.1, 3.1 определяют вес конкретного конденсированого ВВ, а по формуле 2.1a – вес газовоздушной смеси.

Таким образом, ударная волна взрыва облака ГПВС обладает большим импульсом при одинаковом избыточном давлении и, следовательно, может оказывать большее разрушающее действие.

2.5. Пылевоздушные смеси

Взрывы пыли (пылевоздушных смесей – аэрозолей) представляют одну из опасностей химических производств и происходят обычно в ограниченном пространстве: в помещениях, зданиях, внутри различного оборудования, штольнях шахт.

Наибольшее количество взрывов пылевоздушных смесей происходит в мукомольном, сахарном, текстильном производствах, а также при изготовлении пластмассы, лекарственных препаратов, на установках дробления топлива (угольная пыль).

Взрывы пыли, в основном, происходят по дефлаграционному процессу (взрывное горение) при нижнем концентрационном пределе горения. Переход к детонации возможен в длинных штольнях шахт, на конвейерных линиях большой протяженности за счет турбулизации пыли.

Максимальное избыточное давление (ΔP_a) взрыва аэрозоля в помещениях зданий определяется по формуле:

$$\Delta P_a = \frac{M_d \cdot Q_a \cdot P_o \cdot Z}{V \cdot \rho_o \cdot C_o \cdot T_o \cdot K_n}, \quad (\text{МПа}), \quad (2.2)$$

где: M_d – общая масса дисперсного продукта, кг; Q_a – удельная теплота сгорания вещества, кДж/кг; V – свободный объем (помещения, емкости), м³; P_o – начальное давление в объеме, МПа; ρ_o – плотность воздуха, равная 1,293 кг/м³ при нормальном давлении; T_o – температура воздуха в объеме, °К; C_o – теплоемкость воздуха, равная $1,01 \cdot 10^3$ Дж/кг·°К; k_n – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатность процесса горения (для герметичных помещений $k_n=1$, для большинства зданий $k_n=3$); Z – доля участия дисперсного продукта взрыва (как правило, $Z=0,5$, с учетом запаса $Z=1$).

Параметры пылевых взрывов различных веществ показаны в приложении 17.

2.6. Образование воздушной ударной волны при взрывах КВВ и ГПВС

Энергия взрыва проявляется в самых различных формах: в виде потенциальных энергий высоких давлений, кинетической энергии движения частиц продуктов взрыва, тепловой энергии, электромагнитной энергии светового излучения и токсического воздействия.

Рассмотрим схему (рис. 5) образования и распространения ударной волны при взрыве ВВ. По оси ординат отложено давление газа, а по оси абсцисс – расстояние, на котором рассматривается состояние взрыва.

Как уже было сказано, скорость распространения детонации при взрыве превышает скорость распространения деформации во взрывчатом веществе. Благодаря этому внешние части взрывчатого вещества не успевают деформироваться и сдвинуться с места и в момент, когда процесс детонации распростра-

нится до поверхности взрывчатого вещества (заряда ВВ, облака ГПВС), плотность продуктов взрыва окажется равной начальной плотности ВВ. Таким образом, при окончании детонации продукты взрыва будут занимать тот же объем, который имело взрывчатое вещество до детонации (на рис. 5 – это состояние 1).

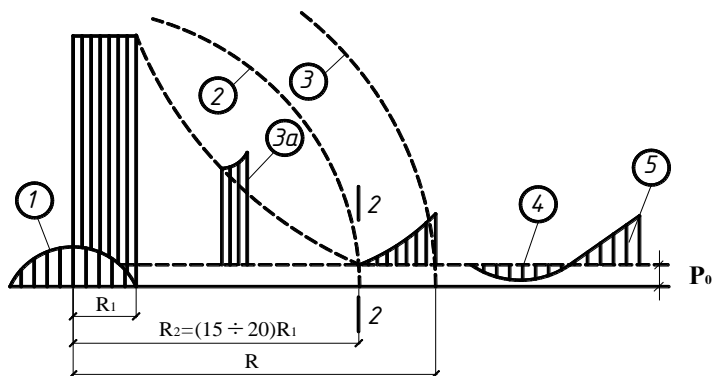


Рис. 5. Схема образования воздушной ударной волны:

- 1 - граница зоны детонационной волны; 2 - граница зоны продуктов взрыва;
3 - граница зоны воздушной ударной волны; 3а - граница формирования зоны
воздушной ударной волны; 4 - фаза разрежения; 5 - фаза сжатия

Так как большинство взрывов происходит на поверхности земли или преграды, то образовавшаяся ударная волна отражается от поверхности преграды и образует отраженную волну. Передние фронты этих волн сливаются вместе и имеют форму, близкую к полусфере.

Вся энергия, затрачиваемая на образование ударной волны, заключается в полусфере, а ее плотность возрастает вдвое. Эта полусфера с радиусом R_1 носит название – **зона детонационной волны или зона взрыва**. Радиус этой зоны R_1 определяется:

- для конденсированных ВВ:

$$R_1 = 0,053 \cdot \sqrt[3]{Q_{эф}}, \text{ м}, \quad (2.3)$$

где: $Q_{эф}$ – эффективная мощность ВВ, приведенная к тротилу, кг

- для газопаровоздушных смесей:

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ м}, \quad (2.4)$$

где: Q – масса (вес) углеводородного продукта, т.

После окончания детонации происходит интенсивное расширение продуктов взрыва, которые уплотняют окружающий воздух (состояние 3а, рис. 5), и это уплотнение образует воздушную ударную волну с резким скачком давления на фронте.

Продукты взрыва, подпирающие воздух, расширяясь, постепенно охлаждаются, теряют скорость и давление. Слой подпертого воздуха при этом нагревается и, по мере продвижения ударной волны, увеличивается по толщине. На

границе 2-2 давление продуктов взрыва и подпертого воздуха падает до атмосферного.

Область продуктов взрыва (состояние 2, рис. 5) носит название **зона действия продуктов взрыва (огненного шара)** с радиусом R_2 , который определяется из выражений:

- для конденсированных ВВ:

$$R_2 = (15 \div 20)R_1, \text{ м} \quad (2.5)$$

- для газопаровоздушных смесей:

$$R_2 = 1,7R_1, \text{ м} \quad (2.6)$$

От границы 2-2 распространяется воздушная ударная волна на большие расстояния со сверхзвуковой скоростью в виде полусферы, образуя **зону действия воздушной ударной волны** с радиусом $R > R_2$ (состояние 3, рис.5).

Изменение давления с момента прихода фронта воздушной ударной волны к какой-либо точке наземной поверхности, удаленной от центра взрыва, приведено на рис.6. В такой точке с приходом фронта воздушной ударной волны давление резко повышается до максимального значения, а затем убывает до атмосферного и ниже, после чего восстанавливается до атмосферного.

Пространство от границы 1-1 до 2-2 (рис. 6), в пределах которого воздух сжат, называют **зоной (или фазой) сжатия** ударной волны, где давление выше атмосферного, а пространство от 2-2 до 3-3, в котором давление меньше атмосферного – **зоной (фазой) разряжения**. Границу 1-1 фазы сжатия называют **передним фронтом воздушной ударной волны**.

Поражающее действие воздушной ударной волны (ВУВ) характеризуется величиной **избыточного давления** – это разность между максимальным давлением P_ϕ на фронте воздушной волны и нормальным атмосферным давлением перед фронтом воздушной ударной волны, которое обозначается символом ΔP_ϕ и измеряется в кПа ($1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$).

$$\Delta P_\phi = P_\phi - P_0, \text{ кПа} \quad (2.7)$$

По мере удаления от очага взрыва фронт ударной волны 1-1 (рис. 6) со скачком давления ΔP_ϕ распространяется со скоростью, превышающей скорость звука, все время удаляется от границы 2-2, на которой давление P_0 равно атмосферному и которая движется со скоростью звука. Причем, в фазе сжатия воздух движется от центра взрыва, а в фазе разряжения – к центру (рис. 6).

Давление воздушной среды (частиц воздуха) в ударной волне вызывает давление скоростного напора, который зависит от плотности воздуха, скорости воздушных масс и связан с избыточным давлением воздушной ударной волны.

Давление скоростного напора – это динамическая нагрузка, создаваемая потоком воздуха, которая возникает при встрече с преградой. Разрушающее (метательное) действие скоростного напора проявляется на расстояниях, где избыточное давление на фронте ударной волны более 50 кПа, а скорость перемещения частиц воздуха в воздушной ударной волне более 100 м/с.

При взрывах газовоздушных смесей (объемные взрывы), кроме уже указанных зоны детонационной волны, зоны действия продуктов взрыва и зоны дей-

ствия воздушной ударной волны, образуются дополнительно следующие зоны:

- **зона токсического задымления** с радиусом R_4 (в данном пособии не рассматривается);
- **зона действия теплового поля** с радиусом R_3 , параметры которого рассматриваются в § 3.4.3.

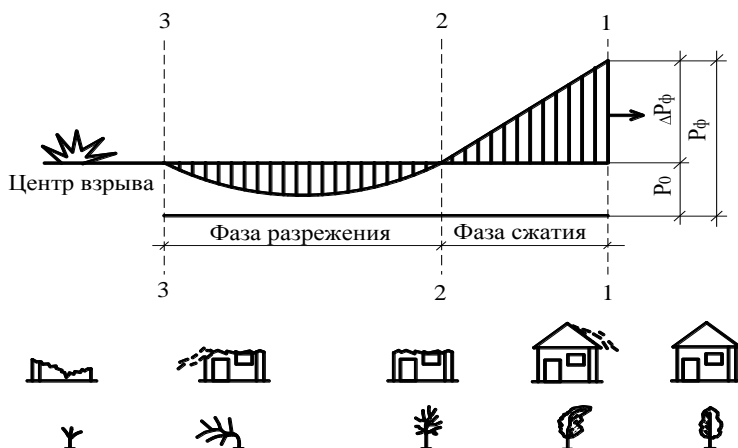


Рис. 6. Фронт воздушной ударной волны

Зона действия теплового поля – это пространство вокруг зоны взрыва, в котором температура, в результате теплообмена, достигает значений, опасных для человека и вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы.

В зону теплового поля входит территория, на которой температура смеси воздуха и газообразных продуктов сгорания не менее $60-80^{\circ}\text{C}$, а поверхностная плотность (интенсивность) теплового излучения (J) превышает $4 \text{ кДж/м}^2\cdot\text{с}$.

2.7. Воздействие воздушных ударных волн на окружающую среду

По мере удаления от центра взрыва воздушная ударная волна поражает людей, разрушает или повреждает здания, сооружения, технику и имущество. Поражение людей может быть непосредственным и косвенным.

Непосредственное поражение воздушной ударной волной возникает в результате воздействия избыточного давления и скоростного напора. Ввиду небольших размеров тела человека ударная волна мгновенно охватывает человека и подвергает его сильному сжатию в течение нескольких секунд. Мгновенное повышение давления воспринимается живым организмом как резкий удар. В тоже время, скоростной напор создает значительное лобовое давление, которое может привести к перемещению тела в пространстве.

Косвенное поражение люди и животные могут получать в результате ударов обломками разрушенных зданий или сооружений, или в результате ударов,

летающих с большой скоростью, осколков стекла, шлака, камней, дерева и других предметов. Например, при избыточном давлении на фронте воздушной ударной волны 35 кПа плотность летающих осколков достигает 3500 шт./м² при средней скорости их перемещения 50 м/с.

Поражение людей обломками зданий, особенно осколками стекол, наблюдается на расстояниях, где избыточное давление на фронте воздушной ударной волны превышает 2 кПа.

Воздействие воздушной ударной волны на незащищенных людей характеризуется легкими, средними, тяжелыми и крайне тяжелыми травмами (см. приложение 7).

Сопротивляемость зданий и сооружений к воздействию воздушной ударной волны зависит от их конструкции, размеров и других параметров.

Наибольшим разрушениям подвергаются здания и сооружения больших размеров с легкими несущими конструкциями, значительно возвышающимися над поверхностью земли, а также немассивные бескаркасные сооружения с несущими стенами из кирпича и блоков. Подземные и заглубленные в грунт сооружения, а также массивные малоразмерные здания и сооружения с жесткими несущими конструкциями, обладают значительной сопротивляемостью воздушной ударной волне.

Для сооружений и оборудования, быстро обтекаемых воздушной ударной волной (опоры, дымовые трубы, антенны, станки и трансформаторы и т. п.), наибольшую опасность представляет скоростной напор воздуха, движущийся за фронтом воздушной ударной волны. Давление скоростного напора $\Delta P_{ск}$ зависит от избыточного давления $\Delta P_{ф}$ и может быть определено по формуле:

$$\Delta P_{ск} = \frac{2,5 \cdot \Delta P_{ф}^2}{\Delta P_{ф} + 720}, \text{ кПа} \quad (2.8)$$

График зависимости $\Delta P_{ск}$ от $\Delta P_{ф}$ приведен на рис. 7.

При воздействии скоростного напора на объекте возникает смещающая сила, которая может вызвать: смещение оборудования относительно основания (фундамента) или его отбрасывание, опрокидывание оборудования; ударные перегрузки, т.е. мгновенное инерционное разрушение элементов оборудования, зданий и т.д.

Общую оценку разрушений, вызванных воздушной ударной волной взрыва, принято давать по тяжести этих разрушений и подразделяют на четыре степени: **слабые, средние, сильные, полные**. Характеристика степеней разрушений зданий, сооружений, оборудования, транспорта, инженерных коммуникаций и др. изложена в приложении 11.

При слабых разрушениях, как правило, здания, оборудование, техника и т.п. не выходят из строя, их можно эксплуатировать сразу или после незначительного (текущего) ремонта.

Средние разрушения вызывают разрушения второстепенных элементов, возможную деформацию и частичное повреждение основных элементов. Восстановление возможно силами предприятия путем проведения среднего или капитального ремонта.

Сильные разрушения характеризуются значительной деформацией или разрушением основных элементов зданий, оборудования, техники, инженерных коммуникаций и т.д. Восстановление возможно, но нецелесообразно, так как практически сводится к новому строительству с использованием некоторых сохранившихся конструкций.

При полных разрушениях в зданиях и сооружениях разрушаются все основные несущие конструкции и обрушаются перекрытия. Восстановление невозможно. Оборудование, средства механизации и техника восстановлению не подлежат.

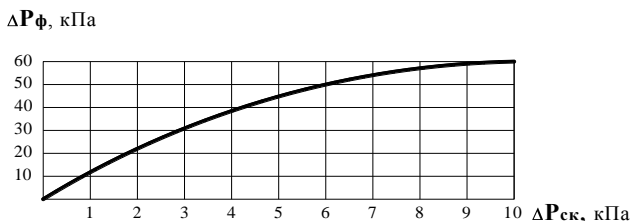


Рис. 7. Закономерность скоростного напора от избыточного давления ударной волны

Степень разрушения конкретного типа здания, сооружения или оборудования при воздействии воздушной ударной волны определяется по приложению 9 в зависимости от величины избыточного давления $\Delta P_{\text{ф}}$.

Указанные в приложении минимальные и максимальные значения избыточного давления, вызывающие ту или иную степень разрушения, учитывают возможные различия в конструкции сооружений, их ориентацию по отношению к направлению распространения воздушной ударной волны, длительность их эксплуатации, условия строительства и другие факторы. **При этом верхний (максимальный) предел диапазона относят к большей степени разрушения.** Например, на здание из сборного железобетона воздействует воздушная ударная волна с $\Delta P_{\text{ф}}=20$ кПа. Из приложения 9 этой величине $\Delta P_{\text{ф}}$ соответствует верхний предел слабых разрушений (10...20) и нижний предел средних разрушений (20...30). Следовательно, здание из сборного железобетона может получить средние разрушения.

Таким образом, в результате взрыва взрывчатых веществ на местности образуется **очаг поражения** – это ограниченная территория, в пределах которой в результате воздействия поражающих факторов произошли массовая гибель или поражения людей, животных и растений, разрушены и повреждены здания и сооружения, а также элементы окружающей среды.

Граница очага поражения проходит через точки на местности, где избыточное давление на фронте воздушной ударной волны $\Delta P_{\text{ф}}=10$ кПа.

Для определения возможного характера разрушений и установления объема спасательных и других неотложных работ, обусловленных воздействием воз-

душной ударной волной, очаг поражения условно делят на четыре зоны: полных, сильных, средних и слабых разрушений.

В качестве критерия для определения границ зон разрушений принято избыточное давление на фронте воздушной ударной волны (см. рис. 8):

- зона полных разрушений, с внешней границей на расстоянии R_{50} , возникает там, где $\Delta P_{\phi} \geq 50$ кПа (до 12% площади очага поражения);
- зона сильных разрушений, с внешней границей на расстоянии R_{30} , образуется при $50 > \Delta P_{\phi} \geq 30$ кПа (около 10% площади очага поражения);
- зона средних разрушений, с внешней границей на расстоянии R_{20} , характеризуется избыточным давлением $30 > \Delta P_{\phi} \geq 20$ кПа (на ее долю приходится до 18% площади очага поражения);
- зона слабых разрушений, с внешней границей на расстоянии R_{10} (она же граница очага поражения), создается избыточным давлением $20 > \Delta P_{\phi} \geq 10$ кПа (занимает до 60% площади очага поражения).

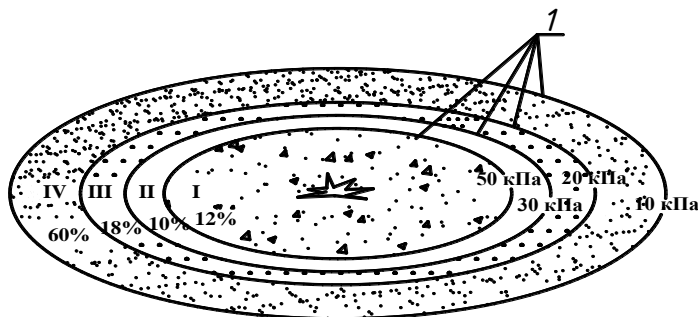


Рис. 8. Характеристика очага поражения:

- I - зона полных разрушений; II - зона сильных разрушений;
III - зона средних разрушений; IV - зона слабых разрушений;
1 - границы зон разрушений

За пределами зон разрушений очага поражения здания и сооружения могут получать незначительные повреждения: разрушение остекления, повреждение оконных рам, дверей, кровли и др.

Классификация степени разрушений зданий и сооружений при производственных авариях и стихийных бедствиях показана в приложении 10.

ГЛАВА 3. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРИЯХ СО ВЗРЫВАМИ

3.1. Общие положения

Последствия производственных аварий со взрывами характеризуются **инженерной обстановкой**, которая представляет собой совокупность создавшихся условий на отдельной территории, в населенном пункте или на объекте, в результате раз-

рушительных действий взрыва взрывоопасных веществ или предметов и оказывающих воздействие на жизнедеятельность населения, работу объектов, а также на организацию и проведение спасательных и других неотложных работ.

Она характеризуется размерами очага поражения и зон разрушений, степенью и характером разрушений зданий, сооружений, коммуникаций и объектов, числом погибших и пострадавших, объемом материального ущерба.

Инженерная обстановка является составной частью планов предприятий и штабов гражданской защиты по ликвидации аварий и защиты населения в чрезвычайных ситуациях, а также для определения возможных объемов и условий выполнения спасательных и других неотложных работ.

Прогнозирование (предвидение) инженерной обстановки осуществляется, как правило, заблаговременно, а также по предварительным данным о результатах фактического развития аварийной ситуации или по результатам произошедшей производственной аварии и проводится в два этапа:

I этап – выявление инженерной обстановки: определение и нанесение на рабочую карту или ситуационный план внешних границ очага поражения и зон разрушений, а также определение избыточного давления на фронте воздушной ударной волны на отдельных рубежах от центра взрыва;

II этап – оценка инженерной обстановки: определение степени и характера возможных разрушений зданий, сооружений, инженерных коммуникаций; степени поражения объекта; определение потребности сил, средств и материальных ресурсов для ликвидации последствий производственной аварии, анализ полученных результатов и выбор наиболее целесообразного варианта действий при проведении спасательных и других неотложных работ; определение степени поражения людей и безвозвратных потерь из числа работающих на объекте или среди населения.

3.2. Содержание и последовательность прогнозирования инженерной обстановки

Содержание и последовательность прогнозирования инженерной обстановки приведена для следующих задач:

А. Взрывы промышленных конденсированных взрывчатых веществ при их хранении или при перевозке.

Б. Взрывы газопаровоздушных смесей при разрушении емкостей с газом.

В. Взрывы газовоздушных смесей при разрыве магистрального (сетевое) газопровода на открытой местности.

Г. Взрывы газовоздушных смесей при разрыве газопровода в закрытом помещении или при утечке газа из бытовых приборов.

В вводной части пояснительной записки дается характеристика взрывоопасных объектов и исходные данные.

1. Выявление инженерной обстановки:

- определяются размеры очага поражения и зон разрушений (внешние границы R_i и площади зон S_i);

- определяется избыточное давление на фронте воздушной ударной волны в районе объекта;

- составляется ситуационный план в масштабе 1:2500-1:5000 и наносится инженерная обстановка с поясняющими таблицами.

2. Оценка инженерной обстановки:

- определяется степень поражения людей и безвозвратные потери из числа работающих на объекте или среди населения;
- определяется степень разрушения элементов объекта;
- определяется степень поражения объекта в целом и делается вывод о степени и объемах разрушения объекта, характере возможных разрушений, спасательных и других неотложных работ (СДНР), а также о целесообразности и объемах восстановительных работ.

3.3. Задача А. Взрывы промышленных конденсированных взрывчатых веществ при их хранении или перевозке

Выявление инженерной обстановки

3.3.1. Определяются размеры очага поражения и зон разрушений

1. Определяется эффективная мощность взрывчатых веществ по формуле:

$$Q_{эф} = K_{эф} \cdot K_{пр} \cdot Q, \text{ кг} \quad (3.1)$$

где: $Q_{эф}$ – эффективная мощность взрывчатого вещества, кг; $K_{эф}$ – коэффициент эффективности ВВ, принимается по приложению 1; $K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий свойства поверхности, на которой происходит взрыв, см. таблицу 1.

Таблица 1

Коэффициенты поверхности преграды

Вид поверхности	$K_{пр}$
Грунты средней плотности	0,6 - 0,65
Плотные глины и суглинки	0,8
Бетон	0,85 - 0,9
Стальные плиты	0,95 - 1,0

2. Определяются расстояния (R_i) от центра взрыва до внешних границ зон разрушений:

- зона полных разрушений:

$$R_{50} = 5 \cdot \sqrt[3]{Q_{эф}}, \text{ м}; \quad (3.2)$$

- зона сильных разрушений:

$$R_{30} = 6,75 \cdot \sqrt[3]{Q_{эф}}, \text{ м}; \quad (3.3)$$

- зона средних разрушений:

$$R_{20} = 9 \cdot \sqrt[3]{Q_{эф}}, \text{ м}; \quad (3.4)$$

- зона слабых разрушений, внешняя граница которой совпадает с границей очага поражения:

$$R_{10} = 14,5 \cdot \sqrt[3]{Q_{эф}}, \text{ м}; \quad (3.5)$$

- безопасное расстояние для населенных пунктов

$$R_6 = 30 \cdot \sqrt[3]{Q_{\text{эф}}}, \text{ м}; \quad (3.6)$$

3. Определяются площади зон разрушений:

- зона полных разрушений:

$$S_{50} = \pi R_{50}^2, \text{ м}^2; \quad (3.7)$$

- зона сильных разрушений:

$$S_{30} = (\pi R_{30}^2 - S_{50}), \text{ м}^2; \quad (3.8)$$

- зона средних разрушений:

$$S_{20} = \pi(R_{20}^2 - R_{30}^2), \text{ м}^2; \quad (3.9)$$

- зона слабых разрушений:

$$S_{10} = \pi(R_{10}^2 - R_{20}^2), \text{ м}^2; \quad (3.10)$$

- площадь очага поражения:

$$S_{\text{о.п.}} = \pi R_{10}^2, \text{ м}^2; \quad (3.11)$$

3.3.2. Определяется избыточное давление на фронте воздушной ударной волны в районе объекта

$$\Delta P_{\text{ф}} = 106 \frac{\sqrt[3]{Q_{\text{эф}}}}{R} + 430 \left(\frac{\sqrt[3]{Q_{\text{эф}}}}{R} \right)^2 + 1400 \left(\frac{\sqrt[3]{Q_{\text{эф}}}}{R} \right)^3, \text{ кПа}, \quad (3.12)$$

где: R – расстояние от объекта до центра взрыва, м.

3.3.3. Составляется ситуационный план в масштабе 1:2500-1:5000 (пример – см. приложение 18)

На листе формата А4 условными обозначениями наносят производственный объект и относительно его по заданным азимутам и расстояниям, в масштабе плана, - размещают взрывоопасные объекты. На выносной линии объекта в числителе указывают сокращенное наименование предприятия, а в знаменателе $\Delta P_{\text{ф}}$ и U . На выносных линиях ВОО: в числителе - наименование ВВ (ГВС) и его вес в тоннах, в знаменателе – расстояние от предприятия, в метрах, и азимут, в градусах.

Из центра ВОО произвольно, в направлении на объект, тонкими линиями строят сектор, в котором наносят инженерную обстановку: пунктирными линиями (дугой) обозначают внешние границы зон разрушений, а сплошными – их радиусы. В конце (начале) дуги (на границе сектора) проставляют величину $\Delta P_{\text{ф}}$ для соответствующей зоны разрушений. Для ВОО при взрыве ГВС дополнительно наносят границу зоны теплового поля с радиусом R_3 и указывают величину интенсивности теплового излучения, J .

Составляют таблицу с характеристиками зон разрушений.

В левом верхнем углу плана наносят условный знак сторон света (север-юг), а вверху делают надпись «Ситуационный план» и указывают масштаб.

Оценка инженерной обстановки

3.3.4. Определяется степень поражения людей и безвозвратные потери среди работающих на объекте

1. Степень поражения незащищенных людей и характер их поражения определяются по приложению 7, в зависимости от величины ΔP_{ϕ} в районе объекта.

2. Безвозвратные потери определяются по формуле:

• при взрывах ВВ:

$$N_{\text{см}} = P \cdot Q_{\text{эф}}^{0,666}, \quad \text{чел}; \quad (3.13)$$

• при взрывах ГПВС:

$$N_{\text{см}} = 3P \cdot Q^{0,666}, \quad \text{чел}, \quad (3.14)$$

где: P – плотность населения или работающих на объекте, тыс. чел/км²; $Q_{\text{эф}}$ – эффективная мощность взрывчатого вещества в тоннах; Q – масса ГПВС, в тоннах; $N_{\text{см}}$ – безвозвратные потери (число погибших).

Плотность населения задается в исходных данных, а плотность работающих P на объекте определяется по формуле:

$$P = 0,001 N/S_{\text{об}}, \quad \text{тыс. чел/км}^2, \quad (3.15)$$

где: N – численность рабочей смены, чел. (по заданию); $S_{\text{об}}$ – площадь объекта, км², принимается в зависимости от характера объекта:

$$S_{\text{об}} = (0,2-0,5), \quad \text{км}^2 \quad (3.16)$$

3.3.5. Определяется степень разрушения элементов объекта

1. По величине избыточного давления ΔP_{ϕ} в районе объекта и данным приложения 9 определяется степень разрушения каждого элемента объекта. Результаты заносятся в таблицу Ф-1 – условным знаком «+» (см. приложение 13).

Если величина избыточного давления ΔP_{ϕ} меньше нижнего предела слабых разрушений для какого-либо элемента объекта, то считают, что данный элемент может получить слабые разрушения. Для этого элемента в графе «слабые разрушения» таблицы Ф-1 проставляется знак «+».

2. В пояснительной записке делаются выводы о количестве элементов объекта, получивших слабые, средние, сильные или полные разрушения (элементы объекта указываются шифром).

3.3.6. Определяется степень поражения объекта

1. Степень поражения объекта D определяется по формуле:

$$D = \frac{N_{\text{пор}}}{N_{\text{общ}}}, \quad (3.17)$$

где: D – степень поражения объекта; $N_{\text{общ}}$ – общее число элементов объекта (см. исходные данные); $N_{\text{пор}}$ – число пораженных элементов объекта (зданий, цехов, оборудования, систем).

Элемент объекта считается пораженным, если в результате воздействия воздушной ударной волны он получает **сильные** или **полные** разрушения.

Число пораженных элементов объекта принимается по данным анализа из таблицы Ф-1.

Значения D в зависимости от степени поражения объекта представлены в таблице 2.

Таблица 2

Степень поражения объекта в зависимости от объема разрушений

Степень поражения D	Степень разрушения	Объем разрушения, %
< 0,2	слабая	отдельные элементы
0,2... 0,5	средняя	до 30
0,5...0,8	сильная	30...50
0,8 и более	полная	50... 100

По полученному значению D и данных таблицы 2 определяют степень и объем разрушения объекта. Результаты заносятся в соответствующую графу таблицы Ф-1.

2. На основании степени разрушения объекта и данных приложения 10 делается вывод:

- о характере возможных разрушений объекта или его групп элементов;
- об объемах спасательных и других неотложных работ на объекте или на некоторых его элементах;
- о характере восстановительных работ на объекте.

3.4. Задача Б. Взрывы газопаровоздушных смесей при разрушении емкостей с газом

Выявление инженерной обстановки (последствий взрыва)

Формирование зон очага взрыва газопаровоздушных смесей (рис. 9) подробно изложено в §§ 2.4 и 2.6. Ниже показана последовательность определения параметров взрыва газопаровоздушной смеси для выявления инженерной обстановки (последствий взрыва).

3.4.1. Определяются размеры очага поражения и зон разрушений

1. Определяется радиус зоны детонационной волны по формуле:

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ м} \quad (3.18)$$

где: Q – количество сжиженного газа, т.

В пределах этой зоны действует избыточное давление в ударной волне

$$\Delta P_\phi = 1700 \text{ кПа} \quad (3.19)$$

2. Определяется радиус зоны действия продуктов взрыва (огненного поля) по формуле:

$$R_2 = 1,7R_1, \text{ м} \quad (3.20)$$

Избыточное давление в пределах этой зоны определяется из выражения:

$$\Delta P_2 = 1300 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^3 + 50, \text{ кПа} \quad (3.21)$$

3. Определяются расстояния R_i от центра взрыва до внешних границ зон разрушений по формуле:

$$R_i = \frac{\psi_i \cdot R_1}{0,24}, \text{ м} \quad (3.22)$$

где ψ_i – определительный коэффициент, величина которого принимается равной:

- для зоны полных разрушений $\psi_{50} = 1,015$
- для зоны сильных разрушений $\psi_{30} = 1,317$
- для зоны средних разрушений $\psi_{20} = 1,749$
- для зоны слабых разрушений $\psi_{10} = 2,825$
- для безопасного расстояния $\psi_5 = 4,5$

4. Определяются площади зон разрушений и очага поражения см. п. 3 § 3.3.1

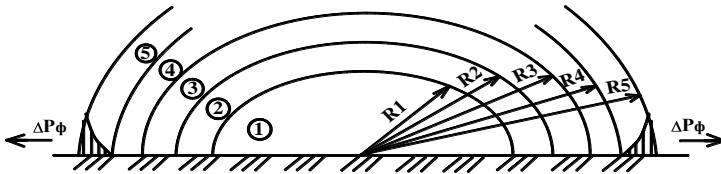


Рис. 9. Зона очага взрыва газовоздушных смесей:

- 1 - зона детонационной волны; 2 - зона действия продуктов взрыва;
- 3 - зона теплового поля; 4 - зона токсичного задымления;
- 5 - зона действия воздушной ударной волны

3.4.2. Определяется избыточное давление на фронте воздушной ударной волны в районе объекта

1. Определяется определительный коэффициент:

$$\psi = 0,24 \frac{R}{R_1}, \quad (3.24)$$

где: R – расстояние от объекта до центра взрыва, м; R_1 – радиус зоны детонационной волны, м;

2. Определяется величина ΔP_ϕ при условиях:

$$\text{при } \psi \leq 2 \quad \Delta P_\phi = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8\psi^3} - 1)}, \text{ (кПа)} \quad (3.25)$$

$$\text{при } \psi > 2 \quad \Delta P_\phi = \frac{22}{\psi \sqrt{\lg \psi + 0,158}}, \text{ (кПа)} \quad (3.26)$$

График зависимости $\Delta P_{\phi} = f(\psi)$ представлен в приложении 5.

3.4.3. Определение параметров зоны действия теплового поля (см. § 2.6)

1. Определяется продолжительность существования огненной полусферы (сферы):

$$t_{\text{св}} = 4,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ с}, \quad (3.27)$$

где: Q – масса газозвдушной смеси, т.

2. Определяется интенсивность теплового излучения:

$$J = q \cdot \phi, \text{ кДж/м}^2\text{с}, \quad (3.28)$$

где: q – удельный тепловой поток, кДж/м²с, принимается по приложению 2; ϕ – относительная величина, учитывающая угловой коэффициент взаимного расположения объекта и источника взрыва F и прозрачность атмосферы T , принимается по приложению 4, в зависимости от массы ГВС и расстояния от объекта до центра взрыва.

При отсутствии данных в приложении, ϕ находят из выражения:

$$\phi = F \cdot T \quad \text{или} \quad \phi = \frac{R_2^2 \cdot R}{(R_2^2 + R^2)^{3/2}} \cdot (1 - 0,058 \ln R), \quad (3.29)$$

где: R_2 – см. формулу (3.20); R – расстояние от объекта до центра взрыва, м; \ln – натуральный логарифм.

3. Определяется тепловой импульс взрыва ГПВС на расстоянии R от центра взрыва (в районе объекта) по формуле:

$$U = J \cdot t_{\text{св}}, \text{ кДж/м}^2 \quad (3.30)$$

4. Определяется радиус зоны действия теплового поля R_3 из приложения 4 по значениям ϕ и Q , при этом относительная величина ϕ определяется из выражения (3.28), а интенсивность теплового излучения J принимается из определения зоны действия теплового поля (см. § 2.6).

3.4.4. Составляется ситуационный план

Выполняется § 3.3.3.

Оценка инженерной обстановки при взрывах газозвдушных смесей

3.4.5. Определяется поражающее действие теплового импульса

1. По значению теплового импульса U и приложения 8 определяется степень ожогов открытых участков тела людей на объекте (населенном пункте), характер теплового поражения и последствия ожогов.

2. По значению теплового импульса U и приложения 6 определяется возможность возникновения пожара на территории объекта в зависимости от возгораемости горючих материалов.

3. Далее выполняются пункты §§3.3.4; 3.3.5.; 3.3.6.

3.5. Задача В. Взрывы газоздушных смесей при разрыве магистрального (сетевого) газопровода на открытой местности

Выявление инженерной обстановки

Количественная оценка взрывоопасности систем транспортирования газа по трубопроводам проводится с учетом следующих условий:

- при аварии происходит разгерметизация трубопровода на приемной или нагнетательной стороне с раскрытием всего живого сечения трубопровода;
- горючий газ поступает в атмосферу при разрыве трубы под действием рабочего давления;
- время истечения газа через наружный участок трубопровода принимается равным времени срабатывания блокировочной арматуры или задается в исходных данных;
- весь выброшенный в атмосферу газ образует с воздухом горючие смеси и участвует во взрыве;
- в местах разрыва трубопровода, в идеальных случаях (отсутствие ветра и осадков), формируется взрывоопасное газоздушное облако в виде полусферы (см. рис. 10) с радиусом R_1 – радиус зоны детонационной волны.

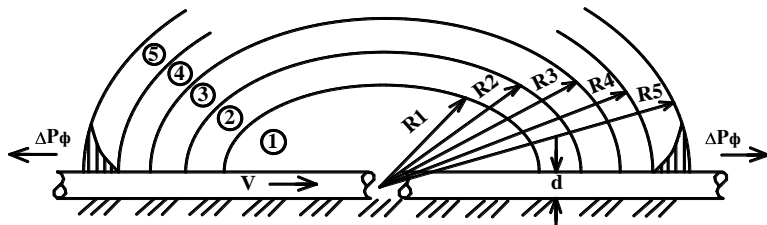


Рис. 10. Зона очага взрыва ГПВС:

- 1 - зона детонационной волны;
- 2 - зона действия продуктов взрыва;
- 3 - зона теплового поля;
- 4 - зона токсичного задымления;
- 5 - зона действия воздушной ударной волны

За пределами облака (полусферы) образуется зона действия продуктов взрыва (огневого шара), зона действия теплового поля и зона действия воздушной ударной волны.

3.5.1. Определяются размеры очага поражения и зон разрушений

1. Определяется радиус зоны действия детонационной волны R_1 в зависимости от величины нижнего (β_n) и верхнего (β_v) концентрационных пределов детонации, которые принимаются по приложению 2.

$$R_1 = \sqrt[3]{37,5 \frac{d^2 \cdot V \cdot t_{cp}}{\beta_{н(в)}}}, (M) \quad (3.31)$$

где: d – диаметр трубопровода, м, (см. задание); V – скорость транспортировки газа, м/с, принимается по приложению 3 путем интерполирования; t_{cp} – время срабатывания блокирующей арматуры (время утечки газа из трубопровода), сек, (см. задание).

Из двух значений R_1 принимается наибольшее для дальнейших расчетов.

2. Далее выполняются: пункты 2, 3 и 4 §3.4.1; §3.4.2; §3.4.3; §3.4.4.

Оценка инженерной обстановки

1. Выполняются §§3.4.5.; 3.3.4.; 3.3.5.; 3.3.6.

3.6. Задача В. Взрывы газоздушных смесей при разрыве газопровода в закрытом помещении или при утечке газа из бытовых приборов

3.6.1. Общие положения

Давление, развивающееся при взрыве газоздушной смеси в помещениях, ограничено по величине прочностью ограждающих конструкций здания. Поступающий в помещение газ равномерно распределяется в его объеме, а максимальное давление взрыва в детонационной волне внутри облака ГВС не превышает 0,9 МПа. Исходя из этого, максимально возможная динамическая нагрузка на ограждающие конструкции помещений с учетом отражения детонационных волн ($K_{отр}=2$) может достигать значений порядка 1,8 МПа.

Необходимо учитывать, что большинство конструктивных элементов зданий разрушается при нагрузках 50 кПа, что составляет примерно 1/20 давления в замкнутом объеме. Так, например, кирпичные стены толщиной 51 см разрушаются при давлении от 3 до 7 кПа.

Отсюда следует, что ограждающие конструкции разрушаются раньше, чем будет достигнуто полное давление взрыва. Поэтому, задача заключается в том, чтобы определить:

- 1 – объем взрывоопасной смеси, способной образовываться в помещении при разрыве трубопровода или при утечке газа из нагревательных приборов, $Q, м^3$;
- 2 – время поступления газа в помещение t_n и образования газоздушной смеси на уровне нижнего и верхнего концентрационных пределов детонации ($\beta_{н(в)}$), способной взорваться при точечном источнике зажигания.
- 3 – избыточное давление $\Delta P_{ф}$ в помещении при взрыве газоздушной смеси.

3.6.2. Определяется количество газа (G), поступающего в помещение при аварии

Для горючих газов, представленных в приложении 2, количество газа G , поступающего в помещение, определяют по формуле:

$$G = 0,785 \cdot d^2 \cdot \frac{k_p}{\rho_0} \sqrt{0,415 \cdot \rho_1 \cdot (P_1 + P_0)}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.32)$$

Для горючих газов, не указанных в приложении 2:

$$G = 0,785 \cdot d^2 \cdot \frac{k_p}{\rho_0} \sqrt{\rho_1 \cdot (P_1 + P_0) \cdot \frac{2k}{k+1} \cdot \left[\frac{2}{k+1} \right]^{\frac{2}{k-1}}}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.33)$$

где: d – диаметр отверстия (трубы), м;

k – коэффициент расхода: $k_p=0,9$ – при полном раскрытии сечении канала трубы; $k_p=0,6$ – при истечении газа через аварийное отверстие в трубе (свищ);

P_1 – рабочее давление в газопроводе, Па;

P_0 – атмосферное давление, $P_0=101300$ Па;

ρ_0 – удельная плотность газа при нормальных условиях (температура $t_0=0^\circ\text{C}$, или, $P_0=101,3$ кПа или $0,1$ МПа), $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_1 – удельная плотность газа в газопроводе при давлении P_1 и температуре $t^\circ\text{C}$, $\text{кг}/\text{м}^3$; принимать $t=20^\circ\text{C}$ (293 К)

$$\rho_1 = \rho_0 \frac{273 \cdot (P_1 + P_0)}{(273 + t_1) \cdot P_0}, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (3.34)$$

3.6.3. Определяется время поступления газа в помещение из аварийного отверстия в трубопроводе:

$$t_n = \frac{V}{L} \ln \frac{G}{G - L \cdot C}, \text{ сек}, \quad (3.35)$$

где: V – объем помещения, м^3 (см. задание); L – воздухообмен в помещении, $\text{м}^3/\text{с}$ (см. задание), если воздухообмен неизвестен, то при естественной вентиляции помещения принимают: $L=(1+5)V/3600$, $\text{м}^3/\text{с}$; C – концентрация газа в помещении в момент образования газовой смеси: $C=\beta_{н(в)}/100$; $\beta_{н(в)}$ – нижний (верхний) концентрационный предел детонации газовой смеси (см. приложение 2); \ln – натуральный логарифм.

3.6.4. Определяется объем взрывоопасной газовой смеси в помещении по формуле:

$$Q = V \frac{G}{L} \left[1 - e^{-\left(\frac{L \cdot t_{\text{нп}}}{V} \right)} \right], \text{ м}^3, \quad (3.36)$$

где: обозначения, входящие в состав формулы, см. выше.

3.6.5. Определяется избыточное давление при взрыве газовой смеси в помещении по формуле:

$$\Delta P_\phi = (\Delta P_{\text{max}} - P_0) \frac{Q \cdot 100 \cdot Z_0}{\beta_{н(в)} \cdot V \cdot C_{\text{cr}}} \cdot \frac{1}{K_n}, \text{ МПа} \quad (3.37)$$

где: ΔP_{\max} – максимальное давление взрыва стехиометрической газозвушной смеси при нижнем или верхнем концентрационном пределе детонации (см. приложение 2), при отсутствии данных принимается равным $\Delta P_{\max} = 0,9 \text{ МПа}$; $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферное давление; V – объем помещения, м^3 ; $Z_0 = 0,5$ – коэффициент участия горючего газа при взрыве; $k_H = 3$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатический процесс горения; $C_{\text{ст}}$ – стехиометрическая концентрация горючих газов в % определяется по формуле:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,484\alpha}, \quad (3.38)$$

α – стехиометрический коэффициент кислорода в реакции сгорания:

$$\alpha = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_0}{2}, \quad (3.39)$$

где: n_c , n_n , n_0 , n_x – число атомов углерода, водорода, кислорода и галоидов соответственно, в формуле газа.

Стехиометрия – такое состояние когда количество горючего соответствует количеству окислителя.

Таким образом, найденные значения t_n , Q и ΔP_{ϕ} для нижнего и верхнего концентрационных пределов детонации дают возможность сделать вывод об эффективности взрыва газозвушной смеси и возможном характере разрушения помещения и объекта в целом, а также степень поражения людей, см. приложения 12 и 7. При этом на конструкции помещений будет действовать динамическая нагрузка интенсивностью

$$q = 2 \cdot \Delta P_{\phi} \quad (3.40)$$

ГЛАВА 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПРИ ПРОРЫВАХ (РАЗРУШЕНИЯХ) ПЛОТИН ГИДРОУЗЛОВ

4.1. Общие понятия о гидротехнических сооружениях

Сооружения, предназначенные для использования водных ресурсов (рек, озер, морей, грунтовых вод) или для борьбы с разрушительным действием водной стихии называются **гидротехническими**. Они могут быть **общие**, применяемые почти для всех видов использования вод, и **специальные**, возводимые для какой-либо отрасли водного хозяйства.

К общим гидротехническим сооружениям относят:

- водопроводные сооружения – создают напор или разность уровней воды перед сооружением и за ним (плотины, дамбы, запруды и т.д.);
- водопроводящие (водоводы) – для переброски воды в заданные пункты : каналы, гидротехнические туннели, лотки, трубопроводы;
- регуляционные (выправительные) – для изменения и улучшения естественных условий протекания водотоков и защиты русел рек от размывов, отложения наносов, воздействие льда и др.;
- водозаборные (водоприемные) – устраивают для забора воды из вод источника и направления ее в водовод;
- водосбросные – служат для пропуска излишков воды из водохранилищ, каналов и напорных бассейнов.

К специальным гидротехническим сооружениям относят:

- сооружения для использования водной энергии – здания гидроэлектрических станций, напорные бассейны и др.;
- сооружения водного транспорта – судоходные шлюзы, судоподъемники, маяки и др., сооружения по обстановке судового хода, плотходы, бревнопуски и пр.;
- мелиоративные – магистральные и распределительные каналы, шлюзы – регуляторы на оросительных и осушительных системах;
- рыбохозяйственные – рыбоходы, рыбоподъемники, рыбоводные пруды т.п.

При осуществлении водохозяйственных мероприятий гидротехнические сооружения, объединенные общей целью и располагаемые в одном месте, составляют комплексы, называемые узлами гидротехнических сооружений или **гидроузлами**. Несколько гидроузлов образуют водохозяйственные системы: энергетические, воднотранспортные, ирригационные, водозаборные и т.д., например, Днепровский каскад гидроэлектростанций, характеристика которых показана в приложении 15.

Сооружения, входящие в состав гидроузла, подразделяются на **основные** и **вспомогательные**. Основные сооружения в свою очередь делятся на:

- **общие** сооружения, обеспечивающие необходимые напор и емкость водохранилища, а также для поддержания гидравлических условий, режима реки (плотины, поверхностные и глубинные водосбросы, сооружения для удаления льда, наносов, шуги, регуляционные, сопрягающие и др.);
- **специальные** сооружения, выполняющие те функции, для которых был создан гидроузел (ГЭС, судоходные шлюзы, судоподъемники, бревнопуски, плотходы, рыбоходы).

К вспомогательным сооружениям относятся жилые и производственно-вспомогательные здания и их комплексы с соответствующими инфраструктурами.

Место расположения гидроузла, т.е. тех его сооружений, которые образуют, так называемый, напорный фронт, называют **створом**.

Основным сооружением гидроузла является **плотина** – это гидротехническое сооружение, которое перегораживает русло реки (или другого водотока) для подъема уровня воды перед ним, сосредоточения напора в месте расположения сооружения и создания водохранилища.

С точки зрения жизнеобеспечения, водохозяйственное значение плотин многообразно:

- подъем уровня воды и увеличение глубины в верхнем бьефе благоприятствуют судоходству, лесосплаву, а также водозабору для нужд орошения и водоснабжения;
- сосредоточение напора у плотины создает возможность энергетического использования стока реки;
- наличие водохранилища позволяет регулировать сток, т.е. увеличивать расход воды в реке в меженные периоды и уменьшает максимальный расход в

паводок, способный привести к разрушительным наводнениям.

Бьеф – это часть водоема, реки или канала, примыкающая к водоподпорному сооружению (плотине). Различают: верхний бьеф, расположенный выше по течению, перед водоподпорным сооружением (плотиной, шлюзом) и нижний бьеф, который находится ниже по течению, по другую сторону водоподпорного сооружения (плотины или шлюза) (см. рис. 11).

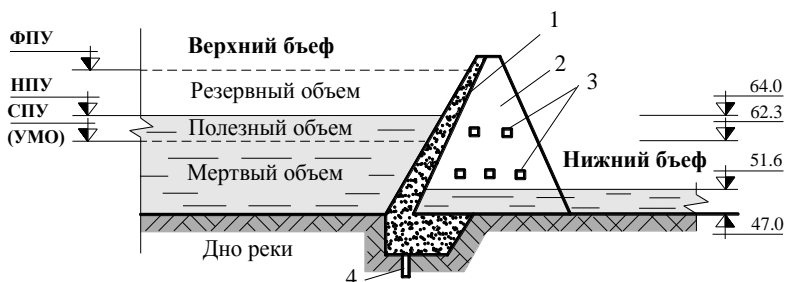


Рис. 11. Схема бетонной контрфорсной плотины, характерные уровни и объемы водохранилища:

- 1 - плоское напорное перекрытие; 2 - контрфорс; 3 - балки жесткости; 4 - противофильтрационная завеса; ФПУ - форсированный подпорный уровень; НПУ - нормальный подпорный уровень; СПУ - сниженный подпорный уровень; УМО - уровень мертвого объема

Плотины могут быть земляные, каменные, каменно-земляные, бетонные. Стационарная, шлюзовая, рыбоходная и водосбросная части плотины выполняются, как правило, из гидротехнического бетона, остальная часть – бетонная или земляная, каменно-земляная.

Водохранилище – искусственный водоем, образованный, как правило, в долине реки водоподпорным сооружением (плотиной) для накопления и хранения воды в целях ее хозяйственного использования. Для водохранилища характерны возрастание глубины по направлению к плотине, весьма замедленные, по сравнению с рекой, водообмен и скорость течения, неустойчивость летней термической и газовой стратификации (распределение плотности и температуры воды по вертикали).

На водохранилище различают:

- нормальный подпорный уровень (НПУ) или нормальный подпорный горизонт (НПГ) – высший подпорный уровень, который плотина может поддерживать в течение длительного времени при обеспечении нормальной эксплуатации всех сооружений гидроузла;
- форсированный подпорный уровень (ФПУ) – наивысший подпорный уровень, который плотина может поддерживать недолгое время в период пропуска паводка, обеспечивая сохранность сооружений;
- сниженный подпорный уровень (СПУ) или уровень мертвого объема (УМО) – минимальный уровень, допустимый в условиях нормальной эксплуатации (см. рис. 11).

Плотина и водохранилище существенно воздействуют на реку и прилегающие территории:

- изменяются режим стока реки, температура воды, продолжительность ледостава; затрудняется миграция рыбы; берега реки в верхнем бьефе затопляются;
- меняется микроклимат прибрежных территорий;
- уменьшаются половодья, в результате чего ухудшаются условия нереста рыб и произрастание трав на пойменных лугах;
- уменьшение скорости течения вызывает выпадение наносов и заиливание водохранилища;
- биомассы в водохранилище образуются интенсивнее, меняется видовой состав флоры и фауны и т.п.

4.2. Гидродинамические аварии и их последствия

Гидродинамическая авария – это чрезвычайное событие, связанное с выведением из строя (разрушением) гидротехнического сооружения или его части и неуправляемым перемещением больших масс воды, несущих разрушения и затопление обширных территорий.

Разрушение (прорыв) гидротехнических сооружений происходит в результате действия сил природы (землетрясения, ураганы, размывы плотин) или действия человека, а также из-за конструктивных дефектов или ошибок проектирования.

Прорыв плотины является начальной фазой гидродинамической аварии и представляет собой процесс образования прорана и неконтролируемого потока воды водохранилища из верхнего бьефа в нижний бьеф, который устремляется через проран.

Проран – отверстие (брешь), образовавшееся при прорыве водным потоком напорного гидротехнического сооружения (плотины) или под воздействием внешних факторов.

Устремляющийся в проран поток воды образует волну прорыва, имеющую значительную высоту гребня, скорость движения и обладающая большой разрушительной силой. Скорость движения гребня волны прорыва составляет:

- для равнинных рек – **8-10 км/ч (2,2 – 2,8 м/с);**
 - для горных рек – **12-20 км/ч (3,3 – 5,6 м/с);**
 - высота гребня волны – **2-12м.**
- (4.1)

Последствия прорыва плотины характеризуется в стремительном затоплении местности, прилегающей к реке, волной прорыва и возникновения наводнения. Затопленную часть местности глубиной потока $h_n > 0,5$ называют зоной возможного затопления.

В зависимости от последствий воздействия гидропотока в зоне возможного затопления выделяют зону катастрофического затопления, в пределах которой распространяется волна прорыва, вызывающая массовые потери людей, разрушения зданий и сооружений, уничтожение других материальных ценностей.

Для равнинных рек ориентировочные границы участков зон возможных за-

топлений по степени опасности воздействия волны прорыва на наземные объекты удалены от плотины:

- чрезвычайно опасных участков **3-4 км**,
- для опасных участков на **8-20 км**.

Участки зоны чрезвычайно опасного затопления характеризуются возможными полными и сильными разрушениями наземных зданий и сооружений на большей его части при условии:

- глубина потока $h_n \geq 4 \text{ м}$,
- скорость потока $V_n \geq 2,2 \text{ м/с}$.

Участки зоны опасного затопления характеризуются возможными средними и слабыми разрушениями наземных зданий и сооружений на большей его части при условии:

- глубина потока $h_n = (1-3) \text{ м}$,
- скорость потока $V_n = (1-1,5) \text{ м/с}$.

Зоны возможного катастрофического затопления определяются заблаговременно на стадии проектирования гидроузла. Эти зоны и характеристики волны прорыва отображаются на картах и в специальных атласах, которые составляются для гидроузлов и больших плотин. Держателями этих документов являются штабы Гражданской защиты, министерства, ведомства и их службы на местах, которые возводят и эксплуатируют гидротехнические сооружения.

Время, в течение которого затопленные территории могут находиться под водой, колеблется от 4 часов до нескольких суток.

Размеры затопления определяются исходя из объема водохранилища, способов пуска воды и характеристики реки ниже плотины.

При открытии затворов или частичном разрушении гидроузлов наиболее значительное затопление будет в тех случаях, когда объем водохранилища составит не менее 5 млн. м³. Но и при этом размеры волны пуска будут редко выходить за пределы влияния паводков (см. приложение 16).

При полном и мгновенном разрушении плотин водохранилищ объемом в десятки и сотни миллионов кубометров будут возникать большие волны прорыва часто катастрофического характера. В результате этого произойдет затопление пойм, долин и разрушение искусственных сооружений, находящихся ниже гидроузла. Влияние таких волн прорыва следует учитывать, прежде всего, при прогнозировании размеров затопления.

В том случае, когда гидроузлы имеют земляную плотину, расчет нужно вести на полное ее разрушение, так как прорыв воды через небольшую брешь приведет к быстрому размыву плотины.

Предложенная ниже методика прогнозирования последствий при прорывах плотин водохранилищ позволяет получить только ориентировочные данные о масштабах затопления. Более качественные результаты прогноза можно получить с использованием электронно-вычислительной техники по специально разработанным программам.

4.3. Прогнозирование обстановки при катастрофических затоплениях

Масштабы последствий гидродинамических аварий зависят от параметров и технического состояния гидроузла, характера и размеров разрушенной плотины (ширины прорана), объема запасов воды в водохранилище, характеристик волны прорыва и катастрофического затопления, рельефа местности, времени года и суток.

Основными поражающими факторами катастрофического затопления являются разрушительная волна прорыва, водяной поток и спокойные воды, которые затопили сушу и объекты экономики, жилищно-коммунального и сельского хозяйства и др.

Степень и характер разрушений при прорывах плотины зависят от следующих факторов:

- удаленности объекта от плотины;
- величины динамического воздействия волны прорыва на объекты, которые будут на пути её движения;
- скоростным напором водяного потока;
- высоты уровня воды на территории объекта;
- продолжительности затопления.

Ниже предлагается последовательность прогнозирования масштабов затопления при прорывах плотин. Исходными данными являются:

- объём водохранилища, W , м^3 ;
- глубина водохранилища перед плотиной, H , м ;
- ширина прорана (разрушенного участка), B , м ;
- расстояние от объекта до плотины, R , км ;
- отметка уровня воды в реке в районе объекта или в расчетном створе до подхода волны прорыва;
- время года и суток.

1. Определяется время опорожнения водохранилища по формуле:

$$T = \frac{2W}{3600 \cdot 0,6 \cdot B \cdot H \sqrt{H}}, \text{ час}, \quad (4.5)$$

где: B – ширина водохранилища в створе разрушенного гидроузла или ширина прорана, м ;
 $H\sqrt{H}$ - удельный расход воды на 1 м ширины прорана, $\text{м}^3/\text{с}$; H – глубина воды перед плотиной, м .

2. Определяется глубина водяного потока (высота волны затопления) h_n в заданном створе на расстоянии R от гидроузла (по таблице 3) в зависимости от глубины водохранилища перед плотиной, H .

3. Определяется высота гребня волны H_b у разрушенного гидроузла (плотины) по формуле:

$$H_b = 0,6H, \text{ м} \quad (4.6)$$

В нижних створах в зонах чрезвычайно опасного и опасного затопления на

расстояниях до 20 км от плотины высота гребня волны попуска уменьшается и может быть определена из выражения:

$$H_{Bi} = (2,2 \div 1,3)h_{п}, \text{ м}, \quad (4.7)$$

где: $h_{п}$ – глубина потока (затопления) на заданном расстоянии, определяется по таблице 3.

Таблица 3

Глубина водяного потока и продолжительность затопления

Параметры	Расстояние от гидроузла (плотины), км					
	0	25	50	100	150	200
Глубина водяного потока, $h_{п}$, м	0,25H	0,2H	0,15H	0,075H	0,05H	0,03H
Продолжительность затопления, $T_{зат}$, час	T	1,7T	2,6T	4T	5T	6T

4. Определяется продолжительность затопления $T_{зат}$ территории на заданном расстоянии R (из таблицы 3)

$$T_{зат} = (1 \div 6)T, \text{ час} \quad (4.8)$$

5. Определяется возможная глубина затопления территории объекта:

$$\Delta h = (h_{ув} + h_{п}) - h_{об}, \text{ м}, \quad (4.9)$$

где: Δh – глубина затопления рассматриваемой территории, м; $h_{ув}$ – геодезическая отметка уровня воды в реке до затопления, м; $h_{п}$ – расчетная глубина волны потока, м; $h_{об}$ – геодезическая отметка территории рассматриваемого объекта, м.

На топографических картах масштаба 1:100000, 1:50000, 1:25000 по величине $h_{п}$ и горизонтальным геодезическим линиям (отметкам высот) наносятся зоны катастрофического затопления и на основании этого производится оценка масштабов последствий.

6. Определяется время подхода волны попуска к заданному створу (объекту) по формуле:

$$t_{подх} = \frac{R}{W}, \text{ час}, \quad (4.10)$$

где: W – скорость движения волны прорыва, км/час, которая принимается из выражения (4.1) или задается; R – расстояние от плотины до рассматриваемого створа (объекта), км.

7. По величине Δh и W из приложения 14 определяются степени разрушения элементов объекта.

8. Определяется степень поражения объекта в целом по рекомендациям п.1 §3.3.6.

4.4. Защита населения при катастрофических затоплениях

Основным средством защиты населения от катастрофического затопления является их эвакуация.

Эвакуация населения из населенных пунктов, расположенных в зоне возможного катастрофического затопления в пределах 4-часового добегания волны прорыва плотин гидротехнических сооружений, проводится заблаговременно при объявлении общей эвакуации, а за этими пределами – при непосредственной угрозе затопления. Эвакуируемое из зон возможного катастрофического затопления население расселяется на незатапливаемой территории.

Перед эвакуацией для сохранности своего дома (квартиры) следует отключить воду, газ, электричество, потушить горящие печи отопления (водонагреватели и т.п.), перенести на верхние этажи (чердаки) ценные вещи, закрыть окна первых этажей досками, фанерой, взять запас продуктов питания, медикаменты, документы и убыть по указанному маршруту.

При внезапном наводнении (затоплении) надо срочно покинуть дом и занять безопасное ближайшее возвышенное место, вывесить сигнальное белое или цветное полотнище.

После спада воды при возвращении домой необходимо соблюдать меры безопасности: не прикасаться с электропроводкой; не использовать продукты питания, попавшие в воду. При входе в дом провести проветривание, запрещается включение газа и электричества.

Спасение людей и имущества при катастрофических затоплениях включает: поиск их на затопленной территории, погрузку на плавсредства или вертолеты и эвакуацию в безопасные места. В случае необходимости пострадавшим оказывают первую медицинскую помощь. Только после этого приступают к спасению и эвакуации животных, материальных ценностей и оборудования. Порядок спасательных работ зависит от того, произошло катастрофическое затопление внезапно или до этого заранее были проведены соответствующие мероприятия по защите населения и материальных ценностей.

Разведывательные звенья, действующие на быстроходных катерах и вертолетах, прежде всего, определяют места наибольшего скопления людей. Небольшие группы людей разведчики спасают самостоятельно. Для вывоза людей используют теплоходы, баржи, баркасы, катера, лодки, плоты.

При поиске людей на затопленных территориях экипажи плавсредств периодически подают звуковые сигналы.

После завершения основных работ по эвакуации населения патрулирование в зонах затопления не прекращается. Вертолеты и катера продолжают поиск.

Для обеспечения посадки и высадки людей сооружают временные причалы, а плавсредства оборудуют сходнями. Подготавливают и другие приспособления для снятия людей с полузатопленных зданий, сооружений, деревьев и других предметов. Спасатели должны иметь багры, веревки, спасательные круги и дру-

гие необходимые средства и приспособления, а личный состав, принимающий участие в спасении людей на воде, должен быть в спасательных жилетах.

Во время эвакуации необходимо помнить, что входить в лодку, катер следует по одному, ступая на середину настила. Во время движения запрещается меняться местами, садиться на борта, толкаться. После причаливания один из спасателей выходит на берег и держит лодку за борт до тех пор, пока все эвакуируемые не окажутся на суше.

В зонах вероятных катастрофических затоплений руководителей предприятий и жилищных органов, а также население обязательно знакомят с границами возможных зон затопления и его продолжительностью, с сигналами и способами оповещения об угрозе затопления или наводнения, а также местами, куда должны эвакуироваться люди.

Взрывчатые свойства и характеристики некоторых ВВ

Наименование ВВ	$K_{эф}$	Теплота взрыва, кДж/кг	Скорость детонации, км/с	Плотность, г/см ³
Тротил	1,0	4190	7,0	1,6
Аммиачная селитра	0,34	1425	1,95 ÷ 3,4	1,56 ÷ 1,74
Аммонит скальный №1	1,29	5413	6 ÷ 6,56	1,4 ÷ 1,6
Аммонал скальный №3	1,35	5650	4,5 ÷ 5,3	1,1
Гексоген	1,3	5447	8,6	1,75
Водосодержащие	1,1	4550	4,5 ÷ 5,0	1,4 ÷ 1,7
Гранулиты на основе аммиачной селитры	1,15	4820	3 ÷ 3,4	0,8 ÷ 0,9

Некоторые характеристики горючих газов

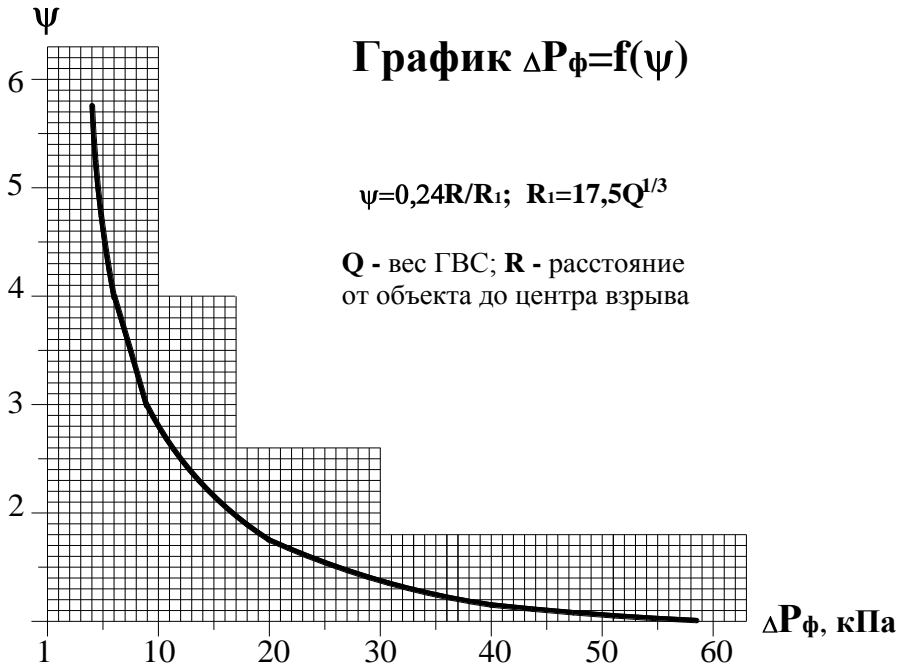
Показатели		Метан CH ₄	Бутан C ₄ H ₁₀	Про-пан C ₃ H ₈	Пропи-лен C ₃ H ₆	Этан C ₂ H ₆	Эти-лен C ₂ H ₄
Нижний концентра- ционный предел детонации $\beta_{н}$;	% по объему	5,28	1,8	2,31	2,3	3,07	3,1
Максимальное дав- ление взрыва ΔP_{\max}^H	МПа	0,2	0,18	0,16	0,17	0,17	0,15
Верхний concentra- ционный предел детонации $\beta_{в}$;	% по объему	15,4	8,5	9,5	11,1	14,95	35,0
Максимальное дав- ление взрыва ΔP_{\max}^B	МПа	0,72	0,86	0,86	0,89	0,725	0,87
Показатель адиабаты, К		1,32	1,095	1,14	1,17	1,2	1,26
Удельная плотность ρ_0 , кг/м ³	При 0°C и 101,3 кПа	0,72	2,7	2,0	1,91	1,36	1,26
	При 20°C и 101,3 кПа	0,67	2,52	1,87	1,78	1,26	1,17
Плотность в сжиженном со- стоянии $\rho_{ж}$, кг/м ³		-	601	582	608	546	567
Молекулярная масса, М		16,04	58,124	44,1	42,1	30,07	28,05
Теплота сгорания, МДж/кг		50,5	46,4	47,0	46,5	48,2	47,8
Удельный тепловой поток, q , квт/м ²		231	455	393	384	320	386
Температура пламени, °С		1963	1982	1977	1977	1971	2102

Характеристика газопроводов

Наименование потребителей	Наибольшее давление, МПа	Скорость транспортировки, м/с	Диаметр трубопровода, мм
Магистральный газопровод высокого давления I категории	0,6-1,2	80-120	700-1400
Магистральный и сетевой газопроводы высокого давления II категории для подачи газа промышленным предприятиям, отопительным и производственным котельным, коммунальным и сельскохозяйственным предприятиям	0,3-0,6	40-80	100-600
Сетевые и технологические газопроводы среднего давления для подачи газа коммунальным предприятиям (бани, прачечные, хлебопекарни и др.)	0,005-0,3	40-60	100-400
Технологические газопроводы низкого давления для подачи газа в жилые и общественные здания, предприятия общественного питания и др.	0,0013-0,005	15-40 6-15	100-150 15-100

Значения относительной величины φ

Расстояние, м	Вес газовоздушной смеси, т											
	10	20	40	60	80	100	120	160	200	400	600	1000
100	0,219	0,225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,086	0,09	0,127	0,152	0,17	0,184	0,195	0,213	0,225	-	-	-
300	0,041	0,044	0,065	0,082	0,095	0,106	0,115	0,132	0,147	0,188	0,211	-
400	0,024	0,025	0,038	0,05	0,058	0,066	0,072	0,085	0,095	0,132	0,156	0,186
500	0,015	0,016	0,025	0,033	0,038	0,044	0,049	0,056	0,065	0,094	0,115	0,144
600	0,01	0,011	0,017	0,022	0,027	0,031	0,034	0,041	0,047	0,07	0,086	0,111
800	0,058	0,0061	0,01	0,013	0,025	0,017	0,032	0,038	0,027	0,041	0,052	0,07
1000	0,003	0,004	0,006	0,008	0,01	0,011	0,013	0,015	0,017	0,027	0,034	0,047
1200	0,0016	0,0023	0,0044	0,0055	0,0066	0,0077	0,0086	0,0104	0,012	0,0187	0,024	0,033
1400	0,0012	0,0027	0,003	0,004	0,0048	0,0056	0,0063	0,0076	0,0088	0,0137	0,0178	0,0245
1600	0,0009	0,0019	0,0023	0,003	0,0036	0,0042	0,0048	0,0054	0,0066	0,0091	0,0145	0,0188
1800	-	0,0015	0,0018	0,0024	0,0029	0,0033	0,0037	0,0045	0,0052	0,0082	0,0107	0,0148
2000	-	0,0011	0,0018	0,0019	0,0023	0,0026	0,003	0,0036	0,0042	0,0066	0,0086	0,012



Воздействие теплового импульса (U) на материалы

Материал, элемент строения	Величина теплового импульса, вызывающая воспламенение, кДж/м ²
Доски сосновые, еловые	504...672
Доски, окрашенные в светлые тона	1680...1890
Доски, окрашенные в темные тона	252...420
Брезент палаточный	402...504
Бязь белая	504...756
Ткань темного цвета	252...420
Кровля мягкая (толь, рубероид)	588...840
Солома, сено, стружка	336...504
Бумага белая	336...420
Резина автомобильная, краска	252...420
Двери, рамы, шторы зданий	252...420
Дома жилые деревянные	420...672
Производственный мусор, ветошь	168...252
Хвойные леса	400...420
Хлеб на корню	126...168

Степень поражения незащищенных людей в зависимости от величины избыточного давления ΔP_{ϕ}

ΔP_{ϕ} , кПа	Поражения (травмы)	Характер поражения
Свыше 100	Крайне тяжелые	Разрыв внутренних органов, переломы костей, внутренние кровотечения, сотрясения мозга. Эти травмы часто приводят к смертельному исходу
60-100	Тяжелые	Сильная контузия всего организма, повреждения внутренних органов и мозга, тяжелые повреждения. Возможны смертельные исходы
40-60	Средние	Серьезные контузии, повреждения органов слуха, кровотечения из носа и ушей, сильные вывихи и переломы конечностей
20-40	Легкие	Легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей
10-20	Различного характера	При косвенном воздействии ударной волны обломками зданий, осколками стекол и т.д.

Характеристика ожогов открытых участков тела человека в зависимости от теплового импульса

Степень ожога	Тепловой импульс, кДж/м ²	Характеристика поражения	Последствия ожогов
Первая	80...160	Покраснение и припухлость кожи, сопровождающиеся некоторой болезненностью	Не теряют работоспособность и не нуждаются в специальном лечении. Ожоги заживают сравнительно быстро
Вторая	160...400	Образование на коже пузырей, наполненных жидкостью	Как правило, теряют работоспособность и нуждаются в лечении
Третья	400...600	Полное разрушение кожного покрова по всей его толщине, образование язв	Нуждаются в длительном лечении. Если не применять пересадку кожи, на месте поражения образуются шрамы
Четвертая	Более 600	Омертвление подкожной клетчатки, мышц и костей, обугливание	Нуждаются в длительном лечении. Возможен смертельный исход

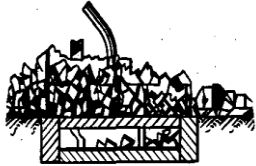
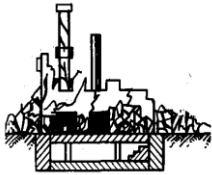


Степени разрушения элементов объекта при различных избыточ-

ных давлениях ударной волны, кПа

№ пп	Элементы объекта	Разрушение			
		слабое	среднее	сильное	полное
1	2	3	4	5	6
1. Производственные, административные здания и сооружения					
1.	Промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25-50т	20...30	30...40	40...50	50...70
2.	Промышленные здания с металлическим каркасом и бетонным заполнением с площадью около 30%	10...20	20...30	30...40	40...50
3.	Здания из сборного железобетона	10...20	20...30	-	30...60
4.	Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	10...20	20...35	35...45	45...60
5.	Складские кирпичные здания	10...20	20...30	30...40	40...50
6.	Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20...30	30...40	40...50	50...60
7.	Кирпичные малоэтажные здания (один-два этажа)	8...15	15...25	25...35	35...45
8.	Кирпичные многоэтажные здания (три этажа и более)	8...12	12...20	20...30	30...40
9.	Деревянные дома	6...8	8...12	12...20	20...30
2. Некоторые виды оборудования					
1.	Станки средние	5...25	25...35	35...45	-
2.	Краны и крановое оборудование	20...30	30...50	50...70	70
3.	Подъемно-транспортное оборудование	20	50...60	60...80	80
4.	Ленточные конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	5...6	6...10	10...20	20...40
5.	Ковшовые конвейеры в галерее на железобетонной эстакаде	8...10	10...20	20...30	30...50
6.	Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, открытые	30...50	50...70	-	80...90
7.	Электродвигатели мощностью от 2 до 10 кВт, герметические	40...60	60...75	-	75...110
8.	Трансформаторы от 100 до 1000 кВ	20...30	30...50	50...60	60
9.	Контрольно-измерительная аппаратура	5...10	10...20	20...30	30
10.	Магнитные пускатели	20...30	30...40	40...60	-

1	2	3	4	5	6
3. Коммунально-энергетические сооружения и сети					
1.	Подземные металлические и железобетонные резервуары	20...50	50...100	100...200	200
2.	Наземные металлические резервуары и емкости	15...20	20...30	30...40	40
3.	Котельные, регуляторные станции и другие сооружения в кирпичных зданиях.	7...13	13...25	24...35	35...45
4.	Здания трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	10...20	20...40	40...60	60...80
5.	Кабельные наземные линии	10...30	30...50	50...60	60
6.	Воздушные линии высокого напряжения	25...30	30...50	50...70	70
7.	Воздушные линии низкого напряжения	20...60	60...100	100...160	160
8.	Трубопроводы наземные	20	50	130	-
9.	Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20...30	30...40	40...50	-
4. Средства транспорта, строительная техника					
1.	Грузовые автомобили и автоцистерны	20...30	30...55	55...65	90...130
2.	Автобусы и специальные автомашины с кузовами автобусного типа	15...20	20...45	45...55	60...80
3.	Гусеничные тягачи и тракторы	30...40	40...80	80...100	110...130
4.	Подвижной железнодорожный состав	30...40	40...80	80...100	100...200
5.	Землеройные дорожно-строительные машины	50...110	110...140	170...250	-

Классификация степени разрушений зданий и сооружений при производственных авариях и стихийных бедствиях

Вид разрушенного здания	Наименования степени разрушения	Поражающие факторы			
		Сила урагана		Сила землетрясения, баллы	Избыточное давление при взрывах, $\Delta P_{\text{ф}}$, кПа
		баллы	км/ч		
1	2	3	4	5	6
	Полное	17	Свыше 1194	11...12	50 и более
	Сильное	16...17	193...210	9...10	30...50
	Среднее	14...15	155...175	7...8	20...30
	Слабое	12...13	120...145	5...6	10...20

Характеристика			
Разрушений	Спасательных и др. неотложных работ	Восстановительных работ	Ущерб
7	8	9	10
Полное обрушение сооружения. Могут сохраниться фундамент и подземные помещения, сплошные тлеющие завалы. Пожаров нет.	Расчистка завалов и спасение людей из убежищ и подземных помещений с подачей воздуха.	Восстановление невозможно или нецелесообразно.	70...100
Сохраняется лишь меньшая часть наиболее прочных конструкций сооружения - стены нижних этажей, элементы ж.б каркаса, подвальные убежища, укрытия и инженерные сети. Завалы и пожары.	Расчистка завалов, тушение пожаров, спасение людей из заваленных убежищ и укрытий.	Восстановление возможно только в порядке перестройки сооружений спец. организациями с использованием уцелевших материалов.	30...70
Сохраняются коробки зданий и другие прочные конструкции и элементы сооружения (несущие стены, ж.б перекрытия). Внутренняя часть здания выгорает. Местные завалы и сплошные пожары.	Тушение пожаров и спасение людей из завалов, разрушенных и горящих зданий.	Требуются значительные работы силами специальных восстановительных организаций.	10...30
Мелкие деформации второстепенных элементов сооружения (кровли, легких пристроек, оконных, дверных коробок, внутренних перегородок, штукатурки). Отдельные завалы и пожары.	Тушение пожаров и спасение людей из частично разрушенных и горящих зданий.	Требуются незначительные восстановительные работы силами ремонтно-восстановительных бригад предприятий.	До 10

Характеристика степеней разрушений элементов объекта ударной волной

Элементы объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
1	2	3	4
Производственные и административные жилые здания	Разрушение наименее прочных конструкций и агрегатов, заполнений дверных и оконных проемов, срыв кровли, основное оборудование повреждено незначительно, требуется средний восстановительный ремонт	Разрушение кровли, перегородок, части оборудования, повреждение подъемно-транспортных механизмов; восстановление возможно при капитальном ремонте	Значительные деформации несущих конструкций, разрушение большей части перекрытий, стен и оборудования. Восстановление возможно как новое строительство с использованием сохранившихся конструкций и оборудования
Промышленное оборудование (станки, прессы, конвейеры, насосы, компрессоры, генераторы и т.п.)	Повреждение шестерен и передаточных механизмов, обрыв маховиков и рычагов управления. Разрыв приводных ремней. Восстановление возможно без полной разборки, с заменой поврежденных частей.	Повреждение и деформация основных деталей, повреждение электропроводки, приборов автоматики. Использование оборудования возможно после капитального ремонта.	Смещение с фундаментов, деформация станин, трещины в деталях, изгиб валов и осей, повреждение электропроводки. Ремонт и восстановление, как правило, нецелесообразно.
Газгольдеры, резервуары и емкости для нефтепродуктов, сжиженных газов	Небольшие вмятины на оболочке, деформация трубопроводов, повреждение запорной арматуры. Использование возможно после среднего (текущего) ремонта и замены поврежденных деталей.	Смещение на опорах, деформация оболочек, подводящих трубопроводов, повреждение запорной арматуры. Использование возможно после капитального ремонта.	Срыв с опор, опрокидывание, разрушение и деформация оболочек, обрыв трубопроводов и запорной арматуры. Использование и восстановление невозможно

1	2	3	4
Подвижной железнодорожный состав, автотранспорт, инженерная техника, подъёмно-транспортные механизмы, крановое оборудование	Частичное разрушение и деформация обшивки и крыши, повреждение стекол кабин, фар и приборов. Требуется средний (текущий) ремонт.	Разрушение кузова крытых вагонов, повреждение кабин, срыв дверей и повреждение наружного оборудования, разрыв трубопроводов систем питания, охлаждения и смазки. Использование возможно после ремонта с заменой поврежденных узлов	Опрокидывание, отрыв отдельных частей, общая деформация рамы, разрушение кабины (кузова, грузовой платформы), срыв радиаторов, наружного оборудования двигателя. Использование невозможно, требуется капитальный ремонт в заводских условиях.
Коммунально-энергетические сооружения и сети	Частичное повреждение стыков труб, контрольно-измерительной аппаратуры, верхней части стенок смотровых колодцев. При восстановлении меняются поврежденные элементы.	Разрыв и деформация труб в отдельных местах, повреждение стыков, фильтров отстойников, выход из строя контрольно-измерительных приборов. Разрушение и сильная деформация резервуаров выше уровня жидкости. Требуется капитальный ремонт с заменой поврежденных элементов	Разрушение и деформация большей части труб, повреждение отстойников, насосного и другого оборудования. Повреждение арматуры, частичное разрушение и деформация остовов водозаборных колонок. Восстановление невозможно
Убежища и противорадиационные укрытия	Частичное разрушение хода сообщения, незначительные сдвиги и трещины в соединениях конструкций. Пригодно к повторному использованию	Разрушение хода сообщения, деформация и смещение стен, покрьтий, рам дверей. Требуется средний восстановительный ремонт.	Значительная деформация несущих конструкций, защитных дверей и оборудования. Восстановление невозможно.

Характер разрушений при взрыве ГВС в помещениях

Максимальное избыточное давление, кПа	Характер разрушений
1,5 ÷ 3	Частичное разрушение оконного остекления и оконного переплета
3 ÷ 7	Полное разрушение остекления, оконных рам, легких перегородок, стеновых однослойных панелей из легкого бетона, вскрытие дверей и ворот
7 ÷ 50	Разрушение плит покрытия, перекрытий, кровли, кирпичных стен толщиной до 51 см, бетонных стен толщиной до 26 см, сборных железобетонных колонн сплошного сечения 40x40см
50 ÷ 100	Разрушение зданий со стальным каркасом. кирпичных стен толщиной до 64 см, бетонных стен толщиной до 36 см
Свыше 100	Полное разрушение кирпичных и железобетонных зданий

Степень разрушения объекта при взрывах

Форма Ф-1

Шифр элементов объекта по заданию	Промышленные ВВ				Хранилище УВП				Магистральн. газопровод				Степень поражения, объем разрушений, %, при взрывах		
	Тип ВВ - Вес - (т) ΔP _ф = кПа				Газ - Вес - (т) ΔP _ф = кПа				Газ - Рабоч. давл. P= (МПа) ΔP _ф = (кПа)				ВВ	ГВС	Г/ПР
	Слаб	Сред	Сильн	Полн	Слаб	Сред	Сильн	Полн	Слаб	Сред	Сильн	Полн			
Здания													0,25 средняя, до 30%	0,5 сильная, 30-50%	0 слабая, отдельные элементы
1-1	+				+			+							
1-2		+					+		+						
1-4	+					+				+					
1-6	+					+				+					
Техн. обор.													0,25 средняя, до 30%	0,5 сильная, 30-50%	0 слабая, отдельные элементы
2-2	+					+				+					
2-3				+			+			+					
4-1	+					+			+						
4-4	+					+			+						
КЭС													0,25 средняя, до 30%	0,5 сильная, 30-50%	0 слабая, отдельные элементы
3-1		+					+		+						
3-2	+							+		+					
3-5			+					+	+						
3-6				+			+			+					

Примечание: заполнение таблицы условно

Зависимость степени разрушения объектов от параметров волны прорыва

№ п/п	Наименование объектов	Сильные разрушения			Средние разрушения			Слабые разрушения		
		Глубина потока, м	Средняя скорость потока, м/с	Удельная волновая нагрузка, тс/м ²	Глубина потока, м	Средняя скорость потока, м/с	Удельная волновая нагрузка, тс/м ²	Глубина потока, м	Средняя скорость потока, м/с	Удельная волновая нагрузка, тс/м ²
1	Стенки, набережные и пирсы на ж/б и металлических сваях	6,0	5,0	7,5	3,0	3,0	1,35	1,0	2,0	0,2
2	Деревянные 1-2 этажные дома	3,5	2,0	0,7	2,5	1,5	0,28	1,0	1,0	0,05
3	Кирпичные малоэтажные здания	4,0	2,5	1,25	3,0	2,0	0,6	2,0	1,0	0,1
4	Промышленные здания с легким металлическим каркасом	5,0	2,5	1,56	3,5	2,0	0,7	2,0	1,5	0,2
5	Промышленные здания с тяжелым каркасом	7,5	4,0	6,0	6,0	3,0	2,7	3,0	1,5	0,34
6	Станочное оборудование цехов	3,0	2,0	0,6	2,0	2,0	0,4	1,0	1,0	0,05
7	Железнодорожные пути	2,0	2,0	0,4	1,0	1,0	0,05	0,5	0,5	0,06
8	Дороги с твердым покрытием	4,0	3,0	1,8	2,0	1,5	0,22	1,0	1,0	0,05
9	Автомашины	2,0	2,0	0,4	1,5	1,5	0,17	1,0	1,0	0,05
10	Подвижной ж/д состав	3,0	3,0	1,6	3,0	1,5	0,34	1,5	1,0	0,12

Параметры водохранилищ и плотин Днепроовского каскада ГЭС

№ п/п	Наименование параметров	Киевская	Каневская	Кременчугская	Днепродзержинская	Днепроовская	Каховская
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Расстояние между осями плотин, км	-	123	149	114	129	230
2	Объем водохранилища, км ³	3,7	2,6	13,9	2,45	3,3	18,2
3	Площадь зеркала, км ²	922	675	2250	567	420	2150
4	Длина водохранилища, км	110	162	185	140	170	230
5	Ширина водохранилища максимальная, км	12	5	30	20	3,5	25
6	Глубина водохранилища max/min, м	<u>14,5</u> 4,1	<u>21,0</u> 4,4	<u>17</u> 6	<u>16,0</u> 4,3	<u>53,0</u> 8,2	<u>36</u> 8,4
7	Ширина гребня плотины, м	21	-	95	26	-	74
8	Нормальный подпорный горизонт НПГ, м	103,0	92,5	81,1	64,0	51,4	16,2
9	Сниженный подпорный горизонт СПГ, м	100	90,5	78,0	62,3	49,5	14,0
10	Превышение гребня плотины над нормальным подпорным горизонтом, м	4,5	-	3,3	5,0	-	4,6
Земляная плотина							
11	Высота, максимальная, м			29	21	60	32
12	Длина по гребню, км			12	6,8	12	3,2
13	Ширина по гребню, м			98,4	10-28	нет	10
14	Ширина по основанию, м			230-270	168-204	нет	300-500

1	2	3	4	5	6	7	8
Бетонная плотина							
15	Длина плотины, м	-	-	192	192	760	448
16	Ширина по основанию, м	-	-	33	48,7	44	46,5
17	Число отверстий (шт)	-	-	10	10	47	28
18	Размеры отверстий, м	-	-	16×14	16×15	13×9	12×9
19	Расход через водосброс, м ³ /с	-	-	16300	17800	38000	19900
20	Расход воды через турбины при работе водосброса, м ³ /с (norm/max)	<u>-</u> 6000	<u>-</u> 7000	<u>5700</u> 6000	<u>2400</u> 5000	<u>2200</u> 5900	<u>2900</u> 3000
21	Глубина перед плотиной (max напор, Н) м	14,5	21	17	16	53	22
Шлюз							
22	Высота подъема, м			17,3	12,6	36,2	16,4
23	Длина камеры, м			270	270	120	270
24	Ширина камеры, м			18	18	18	18
Зоны затопления							
25	Площадь затопления, км ²	150	335	2250	840	342	640
26	Попадает в зону затопления:						
27	-населенных пунктов	57	48	192	48	45	86
28	-населения, тыс. чел	590,8	73	540	363	195	101
29	-объекты экономики, которые продолжают работу	60	-	132	34	148	24

Параметры волны прорыва в районе г. Днепропетровска при максимальном попуске воды из Днепродзержинского водохранилища

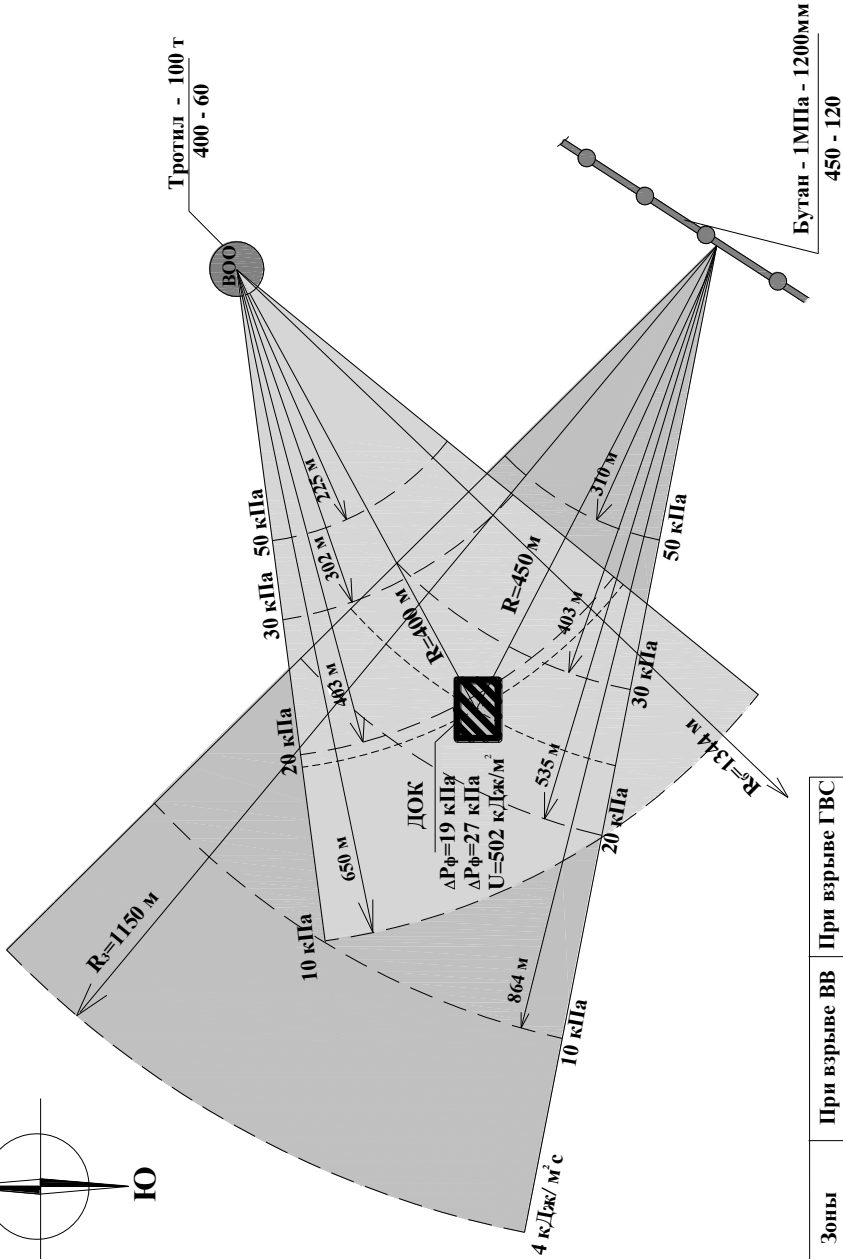
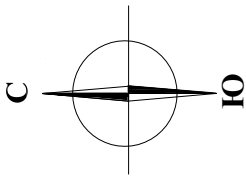
Пункты (створы) на территории г. Днепропетровска		Западная окраина г. Днепропетровска (пос. Фрунзенский)	Кайдакский мост (автодорожный)	Амурский мост (автожелезнодорожный)	Центральный мост (автодорожный)	Мерфохерсонский мост (железнодорожный)
Расстояние от гидроузла, км		32	37	41,5	44	46
Расходы, тыс. м ³ /с	Начальный, до прорыва	9,45	9,45	9,44	9,43	9,42
	Максимальный, после прорыва	24,97	22,27	20,47	19,47	18,67
Уровень ниже бьефа, м	Начальный, до прорыва	51,6	51,4	51,38	51,37	51,36
	Максимальный, после прорыва	54,12	53,84	53,46	53,25	53,13
Максимальная, средняя по сечению, скорость воды, м/с		0,71	0,80	0,74	0,71	0,69
Время от момента прорыва до опорожнения водохранилища (часы, мин.)	Начало нарастания расходов	0,50	2,00	2,00	2,00	2,00
	Достижение максимального расхода	6,50	9,40	15,35	19,50	21,30
	Начало интенсивного подъёма уровня	0,55	2,05	2,10	2,15	2,25
	Достижение максимального уровня	11,30	11,45	12,35	13,00	13,10
	Окончание спада уровня, до отметки расхода – через 59,3 ч. при постоянном открытии затворов					

Примечание: р. Днепр – длина 2200 км, площадь бассейна 504000 км²; средний годовой сток в устье – 53 км³, в многоводный год – 73 км³, в маловодный – 24 км³. Средний расход – 1670 м³/с. У г. Киева – средний расход – 7000 м³/с, наибольший – 25000 м³/с, наименьший – 200 м³/с.

Параметры пылевых взрывов различных веществ

Наименование веществ, образующих взрывоопасную пылевзвесь	Максимальная плотность, при которой возможен взрыв, г/м ³	Минимальная температура зажигания пыли, °С	Максимальное давление взрыва пылевзвеси, МПа	Максимальная скорость роста давления взрыва, МПа/с
Алюминий (стружка)	45	610	0,88	138,0
Стеарат кальция	25	400	0,67	69,0
Целлюлоза	45	410	0,81	55,2
Уголь	55	610	0,62	15,9
Пробка	35	400	0,67	51,8
Эпоксидный клей	12	490	0,54	90,2
магний	30	560	0,80	103,5
Железо	200	510	0,33	14,5
Титан	45	330	0,59	75,9
Сера	20	190	0,54	32,4
Древесина	Неопред.	360	0,62	39,3
Нейлон	30	500	0,66	27,6
Мыло	20	430	0,54	19,4
Мука	40	390	0,71	14,1
Крахмал (пшеничный)	45	430	0,69	44,9
Кофе (быстрорастворимый)	150	490	0,44	3,8

Ситуационный план М 1:5000



Примечание: условное обозначение ВОО при разрушениях емкости с газом такое же, что и для ВВ

Зоны разрушений	При взрыве ВВ		При взрыве ГВС	
	R, м	S, м²	R, м	S, м²
полные	225	0,16	310	0,3
сильные	302	0,126	403	0,21
средние	403	0,22	535	0,39
слабые	650	0,82	864	1,44

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демиденко Г.П. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження. – К., 1996
2. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. – К., 2004.
3. Шадский И.П. Чрезвычайные ситуации в промышленности: Учебное пособие. – М., 2002.
4. Пушкин Л.П. Прогнозирование инженерной, химической и радиационной обстановки при авариях на потенциально опасных объектах: Методические указания. – ПГАСА, 2001.
5. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження: Довідник. – К.: ВШ, 1989.
6. Данілішин В.М. Природно-техногенні катастрофи: проблеми економічного аналізу та управління. – К., 2001. – 260 с.
7. Інженерний захист та освоєння територій: Довідник. – К., 2000.
8. Блох А.Г. Теплообмен излучением: Справочник. – М. 1991.
9. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. – М. 1998.

