ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС
УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

ТКП 506-2013 (02300)

ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ОБЪЕКТОВ

Общие требования

ВЫБУХАНЕБЯСПЕЧНАСЦЬ ХІМІЧНЫХ ВЫТВОРЧАСЦЯЎ І АБ'ЕКТАЎ

Агульныя патрабаванні

Издание официальное

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь
Минск

УДК 66.02-213.34(083.74)(476) МКС 13.230 КП 01

Ключевые слова: взрывобезопасность, довзрывоопасная концентрация, контроль воздушной среды, нижний концентрационный предел воспламенения, опасный производственный объект, предельно допустимая концентрация, промышленная безопасность

Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН открытым акционерным обществом «Гродненский научно-исследовательский и проектный институт азотной промышленности и продуктов органического синтеза» и учреждением «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

ВНЕСЕН концерном «Белнефтехим»

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 23 декабря 2013 г. № 72

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ (с отменой на территории Республики Беларусь ОПВ-96)

Настоящий технический кодекс установившейся практики не может быть воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения концерна «Белнефтехим»

Издан на русском языке

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 2
4 Общие положения 6
5 Проектирование взрывопожароопасных производств и объектов 8
6 Эксплуатация взрывопожароопасных производств и объектов 27
7 Требования к отдельным типовым технологическим процессам 36
Приложение А (обязательное) Общие принципы количественной оценки взрывоопасности технологических блоков 48
Приложение Б (рекомендуемое) Методика расчета массы вещества, участвующего во взрыве 56
Приложение В (обязательное) Определение радиусов зон разрушений 60
Приложение Г (справочное) Таблица соответствия категорий взрывоопасности значениям показателей надежности по ГОСТ 12.1.010 и интегральным уровням безопасности 70
Приложение Д (рекомендуемое) Пример расчета радиусов зон разрушений для различных типовых технологических процессов 71
Библиография 83

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И ОБЪЕКТОВ
Общие требования

ВЫБУХОВАНЕБЯСПЕЧНАСЦЬ ХІМІЧНЫХ ВЫТВОРЧАСЦЯЎ І АБ'ЕКТАЎ
Агульныя патрабаванні

Explosion of chemical plants and fatalities
General requirements

Дата введения 2014-03-01

1 Область применения

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает общие требования к промышленной безопасности, противоаварийной устойчивости, предупреждению аварий и случаев производственного травматизма на взрывопожароопасных производствах и объектах.

Требования настоящего технического кодекса распространяются на производства с химическими, физико-химическими, физическими процессами (смеси газов, паров и пыли с воздухом и другими окислителями, веществ, склонных к взрывному превращению), а также объекты хранения взрывопожароопасных веществ, находящихся в составе этих производств (далее – взрывопожароопасные производства и объекты).

Требования настоящего технического кодекса обязательны для выполнения организациями при:

– разработке технологических процессов на взрывопожароопасных производствах и объектах;

– изготовлении, монтаже, наладке, техническом обслуживании, ремонте, диагностировании технических устройств, применяемых на взрывопожароопасных производствах и объектах;

– проектировании, строительстве, эксплуатации, ликвидации зданий и сооружений на взрывопожароопасных производствах и объектах;

– проектировании, строительстве, эксплуатации, расширении, реконструкции, консервации и ликвидации взрывопожароопасных производств и объектов;

– проведении экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Настоящий технический кодекс устанавливает специфические требования к отдельным типовым технологическим процессам взрывопожароопасных производств.

Требования разделов 5 и 7 настоящего технического кодекса распространяются на вновь проектируемые, строящиеся, реконструируемые взрывопожароопасные производства и объекты. Требования разделов 4 и 6 распространяются на вновь проектируемые, строящиеся, реконструируемые и действующие взрывопожароопасные производства и объекты.

Требования настоящего технического кодекса не распространяются на:

– объекты по производству, переработке и хранению взрывчатых веществ военного и промышленного назначения;

– транспортировку взрывопожароопасных веществ транспортными средствами, включая трубопроводный транспорт и объекты для перекачки нефти и газа;

– использование природного и сжиженного газа (пропан-бутан, МАФ) в качестве топлива в быту и баллонах).

– объекты добычи нефти и газа, в том числе и объекты подготовки нефти и газа;

– самостоятельные объекты для хранения нефтепродуктов (нефтебазы);

– объекты по производству, переработке и хранению окислителей, перекисных инициаторов реакции (органических и неорганических пероксидов).

При проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации взрывопожароопасных производств и объектов необходимо руководствоваться нормативными правовыми актами (далее − НПА) и техническими нормативными правовыми актами в области архитектуры и строительства, пожарной и промышленной безопасности, электробезопасности, перевозки опасных грузов, охраны труда, охраны окружающей среды и настоящим техническим кодексом.

Издание официальное

Возможность отдельных отступлений от требований настоящего технического кодекса должна быть согласована с Департаментом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее – Госпромнадзор) при соответствующем обосновании, подготовленном на основе анализа опасностей технологического процесса с использованием методов анализа риска.

2 Нормативные ссылки

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТР 2007/003/BY Единицы измерений, допущенные к применению на территории Республики Беларусь

ТР ТС 010/2011 О безопасности машин и оборудования

ТР ТС 012/2011 О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах

ТКП 8.003-2011 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Поверка средств измерений. Правила проведения работ

ТКП 8.004-2012 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений. Правила проведения работ

ТКП 8.014-2012 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Правила проведения работ

ТКП 45-1.04-78-2007 (02250) Техническая эксплуатация производственных зданий и сооружений. Порядок проведения

ТКП 45-1.04-208-2010 (02250) Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования

ТКП 45-2.01-111-2008 (02250) Защита строительных конструкций от коррозии. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.01-54-2007 (02250) Системы внутренней канализации зданий. Строительные нормы проектирования

ТКП 45-4.01-56-2012 (02250) Системы наружной канализации. Сети и сооружения на них. Строительные нормы проектирования

ТКП 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей

ТКП 336-2011 (02230) Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования

ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 20911-89 Техническая диагностика. Термины и определения

ГОСТ 30852.18-2002 (МЭК 60079-19:1993) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 19. Ремонт и проверка электрооборудования, используемого во взрывоопасных газовых средах (кроме подземных выработок или применений, связанных с переработкой и производством взрывчатых веществ)

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в ТР ТС 012, ГОСТ 12.1.010, [1], а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 аварийная разгерметизация: Неконтролируемое нарушение целостности и (или) герметичности элементов оборудования, трубопроводов, технических устройств технологической системы, приводящее к выбросу горючих сред в помещение здания или в атмосферу.

3.1.2 автоматизированное управление: Управление технологическим процессом с использованием средств и элементов контроля и автоматики, микропроцессорной техники и управляемых ими исполнительных устройств при участии человека.

3.1.3 автоматическое управление: Управление технологическим процессом с использованием средств и элементов контроля и автоматики, микропроцессорной техники и управляемых ими исполнительных устройств без участия человека.

3.1.4 взрывоопасные вещества: Вещества (материалы), способные образовывать самостоятельно или в смеси с окислителем взрывоопасную среду.

3.1.5 взрывоопасная зона: Часть замкнутого или открытого пространства, в котором присутствует или может присутствовать взрывоопасная среда в объеме, требующем специальных мер защиты при конструировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудования.

3.1.6 взрывопожароопасный технологический объект: Часть химико-технологической системы, содержащая объединенную территориально и связанную технологическими потоками (трубопроводами) группу аппаратов, в которых имеется или может образовываться как при нормальных условиях эксплуатации, так и при отклонениях от заданного режима взрывоопасная смесь в объеме, требующем специальных мер защиты при проектировании и эксплуатации.

3.1.7 газоанализатор: Прибор для определения качественного и количественного состава смесей газа, содержащихся в воздушной среде.

3.1.8 датчик: Конструктивно обособленный первичный преобразователь, от которого поступают измерительные сигналы.

3.1.9 залповый выброс: Кратковременный выброс горючих и взрывоопасных веществ в помещение здания или в атмосферу при аварийной разгерметизации оборудования, трубопроводов, технических устройств или по другим причинам.

3.1.10 категорирование технологических блоков по уровням взрывоопасности: Градация технологических блоков по значениям относительных энергетических потенциалов и приведенным массам горючей парогазовой среды, которые могут выбрасываться в атмосферу при типичных авариях на технологических блоках и участвовать во взрыве паровых облаков, в замкнутых объемах технологических систем и производственных помещениях.

3.1.11 контроль технического состояния: Проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени (ГОСТ 20911).

Примечание – Видами технического состояния являются, например: исправное, работоспособное, неисправное и т. п. – в зависимости от значений параметров в данный момент времени.

3.1.12 контроль функционирования: Контроль выполнения объектом части или всех свойственных ему функций (ГОСТ 20911).

3.1.13 критические значения параметров: Предельные значения одного или нескольких взаимосвязанных параметров (по составу материальных сред, давлению, температуре, скорости движения, времени пребывания в зоне с заданным режимом, соотношению смешиваемых компонентов, разделению смеси и т. д.), при которых возможно возникновение взрыва в технологической системе с разгерметизацией технологической аппаратуры и выбросом опасных веществ в помещение или в атмосферу.

3.1.14 максимальная температура поверхности: Наибольшая температура, возникающая в процессе эксплуатации на одной из частей или поверхности оборудования при нарушении установленных режимов его работы, предусмотренных в технической документации изготовителя, или повреждения, но в пределах отклонений, установленных для взрывозащиты конкретного вида.

3.1.15 наружная установка: Совокупность машин, аппаратов, оборудования, расположенных вне помещения (снаружи) открыто или под навесом либо за сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями.

3.1.16 нормальный режим эксплуатации: Режим работы оборудования, при котором значения параметров режима эксплуатации оборудования не выходят за пределы рабочих параметров, указанных в паспорте изготовителя, и ограничений, установленных в технологическом регламенте производства.

Примечание – Под режимом работы оборудования подразумевается группа эксплуатационных режимов, предусмотренная плановым регламентом работы: стационарный режим, пуск, изменение производительности, останов, горячий резерв.

3.1.17 опытная установка: Установка, предназначенная для отработки аппаратурно-технологической части процесса по результатам, полученным на лабораторных установках, а также для получения исходных данных, необходимых для включения в регламент на проектирование промышленных установок, а также наработки опытных партий продуктов для последующих исследований.

3.1.18 общий энергетический потенциал технологического блока: Совокупность энергий адиабатического расширения парогазовой среды, полного сгорания имеющихся и образующихся из жидкости паров (газов) за счет внутренней и внешней (окружающей среды) энергий при аварийном раскрытии технологического блока.

3.1.19 опасные значения параметра: Значения параметра технологического процесса, вышедшие за пределы регламентированного и приближающиеся к предельно допустимому значению.

3.1.20 отказ: Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния оборудования (ГОСТ 27.002).

3.1.21 относительный энергетический потенциал: Показатель степени и масштабов разрушений взрыва парогазовой среды в технологическом блоке при условии расхода общего энергетического потенциала технологического блока непосредственно на формирование ударной волны.

3.1.22 параметры, определяющие взрывоопасность процесса: Параметры, при достижении которых возможен взрыв в аппарате или выброс взрывоопасных сред в помещение (атмосферу) с образованием газовоздушных сред взрывоопасных концентраций и их возможных взрывов.

3.1.23 параметр технологического процесса: Измеряемое значение физической единицы (температура, давление, расход, объем, масса, pH и др.) технологического процесса, определенное разработчиком технологического процесса.

3.1.24 помещение: Пространство, огражденное со всех сторон стенами (в том числе с окнами и дверями), с покрытием (перекрытием) и полом.

Примечание – Пространство под навесом и пространство, ограниченное сетчатыми или решетчатыми ограждающими конструкциями, не являются помещениями.

3.1.25 предаварийная сигнализация: Сигнализация, срабатывающая при достижении предельно допустимого значения параметра технологического процесса.

3.1.26 предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч и не более 40 ч в неделю в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений (ГОСТ 12.1.005).

3.1.27 предельно допустимые значения параметров: Докритические значения параметров потенциально взрывопожароопасной среды, отличающиеся от критического значения параметра на величину, равную сумме ошибки его экспериментального или расчетного определения и погрешности измерения средств контроля, регулирования параметров и противоаварийной защиты в технологическом процессе (по которым срабатывают предаварийные сигнализация и блокировки).

3.1.28 предупредительная сигнализация: Сигнализация, срабатывающая при достижении предупредительного значения параметра технологического процесса.

3.1.29 приведенная масса парогазовой среды: Масса горючего вещества во взрывоопасной газовоздушной среде, энергия полного сгорания которой приведена к единой теплоте сгорания, равной 46 МДж/кг.

3.1.30 противоаварийная автоматическая защита: Системы и средства, обеспечивающие для взрывоопасных технологических процессов контроль параметров, определяющих взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предаварийной (при необходимости предупредительной) сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и предаварийной защиты, включая безопасный останов или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе.

3.1.31 рабочая зона: Пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работников.

3.1.32 разработчик процесса: Организация, осуществляющая разработку исходных данных на проектирование технологического процесса, основанных на научно-исследовательских и опытных работах, или организация (фирма, компания), разработавшая технологический процесс (инжиниринг), комплектную поставку оборудования для проведения данного технологического процесса и предоставляющая техническую и технологическую документацию.

3.1.33 регламентированные значения параметров технологической среды: Совокупность значений параметров технологической среды, характеризующих ее состояние, при которых технологический процесс безопасно протекает в заданном направлении.

3.1.34 система управления промышленной безопасностью: Комплекс согласованных организационно-технических мероприятий и действий органов управления по соблюдению требований и норм промышленной безопасности.

3.1.35 температура самовоспламенения взрывоопасной газовой среды: Наименьшая температура нагретой поверхности, которая в заданных условиях воспламеняет горючие вещества в виде газо- или паровоздушной смеси.

3.1.36 техническая документация изготовителя: Система графических и текстовых документов, используемых при конструировании, изготовлении и эксплуатации оборудования для работы во взрывоопасных средах (деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов), а также при проектировании, возведении и эксплуатации систем защиты.

3.1.37 технологический блок: Аппарат или группа аппаратов (секция, установка и т. п.), которые в заданное время могут быть отключены (изолированы) от технологической системы без опасных изменений режима в смежной аппаратуре или системе (секции, установке и т. п.).

3.1.38 технологический процесс: Совокупность физико-химических превращений веществ и изменений значений параметров материальных сред, целенаправленно проводимых в аппарате (системе взаимосвязанных аппаратов, агрегате, машине и т. д.).

3.1.39 технологическая система: Совокупность взаимосвязанных технологическими потоками и действующих как одно целое аппаратов, в которых осуществляется определенная последовательность технологических операций (подготовка сырья к реакции, собственно химическое превращение и выделение целевых и побочных продуктов).

3.1.40 технологическая среда: Сырьевые материалы, реакционная масса, полупродукты, готовые продукты, находящиеся и перемещающиеся в технологической аппаратуре, технологической системе).

3.1.41 тротиловый эквивалент взрыва: Условная масса тринитротолуола, взрыв которой адекватен по степени разрушения взрыву парогазовой среды с учетом реальной доли участия во взрыве горючего вещества парогазовой среды, доли расхода энергии взрыва парогазовой среды и тринитротолуола на формирование ударной волны.

3.1.42 условный тротиловый эквивалент: Условная масса тринитротолуола, соответствующая энергии взрыва всей массы парогазовой среды при расходе ее только на формирование ударной волны.

3.1.43 энергетическая устойчивость технологического блока (системы): Риск возникновения и развития типовых аварий при внезапном прекращении энергообеспечения, которая определяется при комплексном анализе взрывоопасности конкретных технологических блоков (систем).

3.2 В настоящем техническом кодексе применяют следующие обозначения и сокращения:

АРБ – аварийная разгерметизация блока;

АХОВ – аварийно химически опасные вещества;

БКУ – блочно-компрессорная установка;

ВВ – взрывчатое вещество;

ВОТ – высокотемпературные органические теплоносители;

ГЖ – горючая жидкость;

ГГ – горючие газы;

ГСС – газоспасательная служба;

ДВК – довзрывоопасная концентрация;

ДС МЧС – дежурная служба МЧС;

ЖФ – жидкая фаза;

ИИС – информационно-измерительная система;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

ЛНПА – локальный нормативный правовой акт;

НПА – нормативный правовой акт;

НКПВ – нижний концентрационный предел воспламенения;

НКПРП – нижний концентрационный предел распространения пламени;

ПАЗ– противоаварийная автоматическая защита;

ПГФ – парогазовая фаза;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПЛА – план локализации и ликвидации инцидентов и аварий;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СУГ – сжиженные углеводородные газы;

ТНТ – тринитротолуол;

ТНПА – технический нормативный правовой акт в области технического нормирования и стандартизации.

4 Общие положения

4.1 Общие требования

4.1.1 Приведение действующих взрывопожароопасных производств к требованиям разделов 5 и 7 должно осуществляться в ходе их реконструкции. Возможность, степень и сроки приведения действующих производств и объектов к требованиям настоящего технического кодекса определяются в каждом конкретном случае эксплуатирующей организацией, разработчиком технологического процесса, проектной организацией по согласованию с Госпромнадзором.

При реконструкции действующих взрывопожароопасных производств и объектов требования настоящего технического кодекса распространяются только на реконструируемую часть.

4.1.2 Эксплуатация и использование зданий, сооружений, помещений, установок, коммуникаций должны осуществляться в соответствии с целевым назначением, определенным проектно-сметной документацией. Технологические процессы действующих производств и их ведение должны соответствовать требованиям технологической части проекта и проектно-сметной документации. При необходимости перепрофилирования зданий, сооружений, помещений, установок, коммуникаций, внедрения новых (замены, модернизации) технологических процессов производств и их приведения к требованиям НПА, ТНПА, в том числе настоящему техническому кодексу, должна в установленном порядке разрабатываться проектно-сметная и технологическая документация.

4.2 Порядок создания и регистрации взрывопожароопасных производств и объектов

4.2.1 Порядок проектирования, строительства, приемки в эксплуатацию и регистрации взрывопожароопасных производств и объектов определен [2], [3] и другими НПА и ТНПА.

4.2.2 Заказчик заключает договор на проектирование взрывопожароопасных производств и объектов в соответствии с техническим заданием на проектирование с проектной организацией, имеющей разрешение Госпромнадзора на право разработки проектов технологических процессов и производств, где возможно образование взрывоопасных сред.

Проектная организация, в случае если она не является разработчиком технологического процесса, получает исходные данные от разработчика технологического процесса, имеющего разрешение Госпроманадзора на право разработки проектов технологических процессов производств, где возможно образование взрывоопасных сред. При отсутствии норм проектирования должны быть разработаны специальные технические условия.

4.2.3 Заказчик до начала строительства извещает Госпромнадзор о намечаемом строительстве, реконструкции или техническом перевооружении и получает разрешение на строительство объекта.

После получения разрешения на строительство заказчик уведомляет Госпромнадзор о начале строительства взрывопожароопасного объекта.

4.2.4 Объект со взрывопожароопасным производством, законченный строительством, принятый в эксплуатацию в соответствии с [4], должен пройти идентификацию по критериям опасности как опасный производственный объект, по результатам которой проводится регистрация в государственном реестре опасных производственных объектов Госпромнадзора в соответствии с [5].

4.2.5 Взрывопожароопасные производства и объекты, сооружаемые по проектам иностранных фирм и на базе комплектного импортного оборудования, должны соответствовать требованиям настоящего технического кодекса.

Допускается применение норм и технических условий иностранных фирм-поставщиков оборудования в соответствии с требованиями [2].

4.2.6 Госпромнадзором осуществляется государственный надзор в области промышленной безопасности за производствами и объектами в составе этих производств с химическими, физико-химическими, физическими процессами, на которых возможно образование взрывоопасных сред, в соответствии с [6].

4.3 Требования к должностным лицам и производственному персоналу

4.3.1 Руководители, специалисты организаций и предприниматели, занятые проектированием взрывопожароопасных производств (объектов), а также осуществлением поднадзорных Госпромнадзору видов деятельности на взрывопожароопасных производствах и объектах, должны иметь необходимую профессиональную подготовку.

4.3.2 Руководителям, специалистам и производственному персоналу, занятому эксплуатацией взрывопожароопасных производств, в ЛНПА должны быть определены обязанности по обеспечению промышленной безопасности.

4.3.3 Руководители и специалисты организаций, индивидуальные предприниматели, осуществляющие на взрывопожароопасных производствах и объектах организацию работ, техническое руководство по их эксплуатации, должны пройти в установленном порядке обучение, стажировку, инструктажи и проверку знаний по охране труда в соответствии с [7], [8], подготовку и проверку знаний и в области промышленной безопасности в соответствии с [9] – [12] и с учетом требований 6.6, а также медицинские осмотры в соответствии с [13].

4.3.4 Для приобретения практических навыков предупреждения аварий и ликвидации их последствий на технологических объектах с блоками I категории взрывоопасности все рабочие, руководители и специалисты, непосредственно занятые ведением технологического процесса и эксплуатацией оборудования на этих объектах, должны проходить курс подготовки с использованием компьютерной техники.

Указанный персонал должен проходить отработку практических навыков с использованием компьютерной техники не реже 1 раза в год и перед допуском к самостоятельной работе.

4.3.5 Обучение и отработка практических навыков с использованием компьютерной техники должны быть максимально приближены к действиям персонала в аварийных ситуациях.

4.3.6 Программы для отработки навыков внештатных и аварийных ситуаций должны разрабатываться на основе сценариев ПЛА.

4.3.7 Допуск персонала к самостоятельной работе должен осуществляться на основании документально оформленных результатов проведения обучения и отработки практических навыков с использованием компьютерной техники.

4.3.8 Руководители и специалисты, занятые эксплуатацией и проектированием взрывопожароопасных объектов, а также конструированием оборудования, применяемого на таких объектах, независимо от подчиненности и форм собственности, должны проходить повышение квалификации не реже одного раза в 5 лет.

4.4 Организация управления промышленной безопасностью при эксплуатации взрывопожароопасных производств

4.4.1 В организациях, эксплуатирующих взрывопожароопасные производства и объекты, должна быть создана система управления промышленной безопасностью, которая может являться частью системы управления охраной труда.

4.4.2 В целях осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на взрывопожароопасных объектах руководитель организации должен создать уполномоченный орган (назначить уполномоченное лицо) и организовать его работу в соответствии с [14].

4.4.3 В организациях, эксплуатирующих взрывопожароопасные производства и объекты, должен быть организован технический надзор за состоянием, надежностью и безопасной эксплуатацией оборудования, трубопроводов, энергетических установок, зданий и сооружений, вентиляционных систем и установок, систем автоматического управления, сигнализации и противоаварийной защиты, ведением технологических процессов (ведением работ) на указанных производствах и объектах.

Порядок организации технического надзора определяется отраслевыми положениями о техническом надзоре. Работники технического надзора не должны находиться в подчинении руководителей контролируемых ими взрывопожароопасных производств и объектов.

4.5 Порядок расследования аварий, несчастных случаев и информирования о них

4.5.1 Информирование органов государственного управления и других заинтересованных организаций о несчастных случаях на взрывопожароопасных производствах, расследование и учет несчастных случаев проводятся в соответствии с [15].

4.5.2 Расследование аварий, инцидентов, несчастных случаев, произошедших на взрывопожароопасных объектах, сообщение (информирование) о них должно осуществляться в соответствии с требованиями [15], [16].

4.6 Ответственность за нарушение требований технического кодекса

4.6.1 При несоблюдении требований настоящего технического кодекса к нанимателям могут быть применены меры в соответствии с действующим законодательством.

4.6.2 В зависимости от характера нарушений руководители, специалисты, рабочие и граждане (предприниматели) могут быть привлечены к дисциплинарной, административной или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

5 Проектирование взрывопожароопасных производств и объектов

5.1 Обеспечение взрывобезопасности технологических процессов

5.1.1 Для взрывопожароопасных производств и объектов проектной организацией должна определяться категория взрывоопасности составляющих их технологических блоков.

В случае отсутствия требований к размещению зданий, сооружений, наружных установок в ТНПА, принципы их размещения должны быть обоснованы в проектной документации результатами анализа опасностей технологических процессов с использованием методов анализа риска аварий на взрывопожароопасных объектах и должны обеспечивать минимальный уровень взрывоопасности технологических блоков, входящих в технологическую систему.

В зависимости от значений относительных энергетических потенциалов Q_B и приведенной массы взрывоопасной парогазовой среды m технологические блоки в соответствии с таблицей 1 подразделяются на три категории взрывоопасности.

Категорирование технологических блоков по взрывоопасности должно производиться в соответствии с общими принципами количественной оценки взрывоопасности технологических объектов (приложение А).

Таблица 1

Категория взрывоопасности	Значения относительных энергетических потенциалов Q_B	Приведенная масса взрывоопасной парогазовой среды m, кг
I	> 37	> 5000
II	27 – 37	2000 – 5000
III	< 27	< 2000

5.1.2 Если в технологическом блоке с Q_B > 10 обращаются вещества, относящиеся к 1, 2 классам опасности или обладающие механизмом остронаправленного действия, способные при аварийных ситуациях накапливаться в рабочей зоне с концентрацией более пороговой токсодозы, категория блока должна приниматься на одну выше.

5.1.3 Оценка взрывоопасности химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств (далее – производств) и отдельных объектов в составе этих производств должна основываться на соответствующих стандартных характеристиках взрывопожароопасности применяемых веществ, представленных в соответствующих в ТНПА и НПА.

5.1.4 Для каждой технологической системы должны предусматриваться меры по максимальному снижению уровня взрывоопасности технологических блоков, входящих в нее, направленные на:

– предотвращение образования взрывоопасной среды и обеспечение в воздухе производственных помещений, наружных установок содержания взрывоопасных веществ, не превышающего нижнего концентрационного предела воспламенения;

– защиту технологического оборудования от разрушения и максимальное ограничение выбросов из него горючих веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации;

– предотвращение возникновения источника инициирования взрыва;

– снижение тяжести последствий взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок.

5.1.5 Снижение опасности воздействия опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть при аварии, на производственный персонал и сохранение материальных ценностей обеспечивается:

– установлением минимальных количеств взрывоопасных веществ, применяемых в производственных процессах;

– применением огнепреградителей, флегматизаторов, инертных (не поддерживающих горение) газовых или паровых завес;

– применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;

– обваловкой и бункеровкой взрывоопасных участков производства или размещением их в защитных устройствах;

– защитой оборудования от разрушения при взрыве при помощи устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны);

– применением быстродействующих отсечных и обратных клапанов;

– применением систем активного подавления взрыва;

– применением средств предупредительной сигнализации, аварийной сигнализации и блокировок.

5.1.6 Технологические системы должны быть организованы преимущественно по непрерывной схеме.

Для технологических систем непрерывного действия, в состав которых входят отдельные аппараты периодического действия, разработчиком процесса должны быть предусмотрены в технологической документации меры, обеспечивающие взрывобезопасное проведение регламентированных операций отключения (подключения) периодически действующих аппаратов от (к) непрерывной технологической линии, а также операций, проводимых в них после отключения.

5.1.7 На стадиях процессов, связанных с применением твердых пылящих и дисперсных веществ, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны предусматриваться меры и средства, снижающие попадание горючей пыли в атмосферу помещения (рабочей зоны), наружных установок, накопление ее на оборудовании и строительных конструкциях, а также средства пылеуборки, преимущественно механизированной, контроль запыленности воздуха и режим уборки пыли. Твердые дисперсные горючие вещества должны загружаться в аппаратуру и перерабатываться, как правило, в виде растворов, паст или в увлажненном состоянии.

5.1.8 Снижение тяжести последствий взрывов и пожаров при авариях на технологических системах осуществляется разделением на блоки с установкой на основных технологических потоках между блоками быстродействующих запорных органов. При разделении систем на блоки следует предусматривать с учетом технологической возможности ограничение объемов обращающихся в блоке опасных веществ, которые могут быть выброшены в окружающую среду при внезапной разгерметизации оборудования.

5.1.9 Для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывопожароопасных веществ при нарушении герметичности оборудования и трубопроводов в технологических системах или взрыва разработчиком процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации для технологических блоков I категории взрывоопасности предусматривается установка автоматических быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств со временем срабатывания не более 12 с.

Время срабатывания быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств и способы срабатывания для технологических блоков II и III категорий взрывоопасности определяется проектной организацией.

При определении быстродействия автоматических запорных устройств должны быть обеспечены условия безопасного отсечения потоков и исключены гидравлические удары, нарушение регламентированных параметров технологического процесса.

5.1.10 Условия безопасного проведения отдельного технологического процесса или его стадий обеспечиваются:

– соблюдением регламентированных параметров технологического процесса;

– надежностью технологического оборудования и средств контроля и регулирования технологических параметров;

– надежным энергообеспечением.

5.1.11 На стадии разработки технологических процессов разработчиком процесса должны определяться параметры или совокупность параметров, определяющих взрывоопасность процессов, их критические и предельно допустимые значения. Перечень параметров, определяющих взрывоопасность процессов, их критические и предельно допустимые значения должны быть отражены в проектной и эксплуатационной документации.

5.1.12 Технологические процессы должны быть организованы в соответствии с ГОСТ 12.1.010 так, чтобы исключить возможность взрыва в системе при регламентированных значениях параметров. Регламентированные значения параметров, определяющих взрывоопасность процесса, допустимый диапазон их изменений, организацию проведения процесса (аппаратурное оформление и конструкция технологических аппаратов, фазовое состояние обращающихся веществ, гидродинамические режимы и т. п.), устанавливаются разработчиком процесса на основании данных о критических значениях параметров или их совокупности для участвующих в процессе веществ.

Регламентированные значения параметров и допустимый диапазон их изменений могут конкретизироваться разработчиком технологического регламента и проектной документацией на основании опыта эксплуатации конкретного технологического процесса.

5.1.13 Допустимый диапазон изменения параметров процесса должен устанавливаться с учетом характеристик технологического процесса, систем управления и противоаварийной защиты (класс точности приборов, инерционность систем измерения, скорость изменения значений параметров процесса и т. п.).

5.1.14 Способы и средства, исключающие выход параметров за установленные пределы, должны быть регламентированы разработчиком процесса в технологической документации и приведены проектной организацией в проектной документации.

5.1.15 Технологические объекты (оборудование, трубопроводы, аппараты, технологические линии и т. п.), в которых при отклонениях от регламентированных параметров процесса возможно образование взрывоопасных смесей в оборудовании, должны быть обеспечены системами подачи в них инертных газов, флегматизирующих добавок, предотвращающих образование взрывоопасных концентраций.

Для производств, имеющих в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности, должно быть предусмотрено автоматическое управление подачей инертных сред, для блоков II и III категорий допускается дистанционное управление с использованием электропривода, а для блоков с $Q_В \leq 9$-ручное управление.

Если в технологических блоках I категории взрывоопасности предусмотрена предупредительная сигнализация о нарушении технологических параметров, допускается при обосновании дистанционное управление с использованием электропривода подачей инертных сред.

Системы подачи инертных сред для технологических блоков I и II категорий взрывоопасности следует оснащать сигнализацией по падению в них регламентированного давления.

5.1.16 Запрещается проведение технологических процессов при критических значениях параметров, в том числе в области взрываемости.

В случае обоснованной необходимости проведения процесса в области критических значений (области взрываемости) разработчиком процесса должны предусматриваться и отражаться в технологической документации методы и средства, исключающие наличие или предотвращающие возникновение источников инициирования взрыва внутри оборудования с энергией (температурой), превышающей минимальную энергию (температуру) зажигания (искры механического и электрического происхождения, нагретые тела и поверхности и др.) для обращающихся в процессе продуктов.

Выбор методов и средств, исключающих образование источников зажигания или обеспечивающих снижение их энергий, в каждом конкретном случае определяется разработчиком процесса с учетом категории взрывоопасности, особенностей технологического процесса и требований настоящего технического кодекса.

5.1.17 Технологические системы со взрывоопасной средой (процессы окисления), в которых невозможно исключить опасные источники зажигания, необходимо рассчитывать на прочность с учетом возможности взрыва в реакционном аппарате или оснащать средствами защиты оборудования и трубопроводов от разрушений (разрывными предохранительными мембранами, взрывными клапанами, системами флегматизации инертным газом, средствами локализации пламени и т. д.). Отвод осколков разрывных мембран и продуктов взрыва должен осуществляться в безопасное место, исключающее воздействие на производственный персонал и оборудование технологической установки.

5.1.18 Для обеспечения взрывобезопасности технологической системы при пуске в работу или остановке оборудования (аппаратов, участков трубопроводов и т. п.), гашении вакуума необходимо предусматривать специальные меры (в том числе продувка инертными газами), предотвращающие образование в системе взрывоопасных смесей.

В обоснованных случаях в резервуарном и емкостном оборудовании с взрывопожароопасными веществами следует предусматривать инертное покрытие (инертную подушку).

Разработчиком процесса, проектной организацией должны быть разработаны и регламентированы в технологической и проектной документации с учетом особенностей технологического процесса: порядок пуска и остановки оборудования, способы и режимы его продувки инертными газами, гашения вакуума, создания инертного покрытия, исключающие образование застойных зон.

5.1.19 Энергетическая устойчивость технологической системы с учетом категории взрывоопасности входящих в нее блоков, особенностей технологического процесса обеспечивается выбором рациональной схемы энергоснабжения, количеством (основных и резервных) источников питания, их надежностью и должна исключать возможность:

– нарушения герметичности системы (разгерметизации уплотнений подвижных соединений, разрушения оборудования от превышения давления и т. п.);

– образования в системе взрывоопасной среды (за счет увеличения времени пребывания продуктов в реакционной зоне, нарушения соотношения поступающих в нее продуктов, развития неуправляемых процессов и т. п.).

Средства и методы обеспечения энергоустойчивости технологического процесса должны определяться разработчиком процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации.

5.1.20 Для каждого технологического блока с учетом его энергетического потенциала разработчиком процесса и проектной организацией должны разрабатываться меры и предусматриваться средства, направленные на предупреждение выбросов горючих продуктов в окружающую среду или максимальное ограничение их количества, а также предупреждение взрывов и предотвращение травмирования производственного персонала.

5.1.21 Для технологических блоков и (или) отдельных аппаратов, в которых обращаются взрывопожароопасные продукты, на случай разгерметизации оборудования и пожаров необходимо предусматривать аварийное освобождение от обращающихся продуктов.

5.1.21.1 Для аварийного освобождения технологических блоков от обращающихся продуктов может использоваться оборудование технологических установок, складские резервуары и емкости или специальные системы аварийного освобождения.

Специальные системы аварийного освобождения должны обеспечивать минимально возможное время освобождения, оснащаться средствами контроля и управления, исключать образование взрывоопасных смесей как в самих системах, так и в окружающей их атмосфере.

5.1.21.2 Системы аварийного освобождения технологических блоков I, II категорий взрывоопасности следует обеспечивать запорными устройствами с дистанционно и (или) автоматически управляемыми приводами, для III категории допускается применение средств с ручным приводом, размещаемым в безопасном месте, и минимальным регламентированным временем срабатывания.

5.1.21.3 Вместимость специальной системы аварийного освобождения должна рассчитываться на прием горючих продуктов в количествах, определяемых условиями безопасной остановки технологического процесса.

5.1.21.4 Сбрасываемые горючие газы и мелкодисперсные материалы, как правило, должны направляться в закрытые системы для пылегазоулавливания и их дальнейшей утилизации или в системы организованного сжигания.

5.1.21.5 Требования к условиям сброса взрывоопасных газов и паров в факельные системы, расчету, устройству, конструктивному оформлению и размещению этих систем определяются ТНПА.

5.1.21.6 Запрещается объединение газовых выбросов, содержащих вещества, способные при смешивании образовывать взрывоопасные смеси или нестабильные соединения.

При объединении газовых линий сбросов парогазовых сред из аппаратов с различными давлениями необходимо предусматривать меры, предотвращающие переток из аппаратов с высоким давлением в аппараты с низким давлением.

5.1.21.7 При наличии жидкой фазы в газовом потоке на линиях сброса газов должны предусматриваться устройства, исключающие ее унос.

5.1.22 При разработке мероприятий по предотвращению взрывов и пожаров в объеме зданий, помещений, наружных установок и снижению тяжести их последствий проектной организацией в составе проектной документации должны учитываться требования НПА, ТНПА, в том числе НПА, ТНПА системы противопожарного нормирования и стандартизации.

5.1.23 Исходя из величины приведенных масс парогазовых сред (приложение Б) и соответствующих им энергетических потенциалов взрывоопасности технологических блоков определяются опасные для производственного персонала зоны (приложение В).

5.1.23.1 Размещение организации (предприятия), имеющей в своем составе взрывопожароопасные технологические объекты, планировка ее территории, объемно-планировочные решения данных объектов должны осуществляться в соответствии с требованиями НПА, ТНПА и настоящего технического кодекса.

5.1.23.2 На территории организации (предприятия), имеющей в своем составе взрывопожароопасные производства, не допускается:

– наличие природных оврагов, выемок, низин и устройство открытых траншей, котлованов, приямков, в которых возможно скопление взрывопожароопасных паров и газов;

– траншейная и наземная прокладка трасс трубопроводов с ЛВЖ, ГЖ и СУГ в искусственных или естественных углублениях.

Для вновь проектируемых взрывопожароопасных технологических объектов необходимо обеспечить следующие требования:

– здания, в которых расположены помещения центральных пунктов управления (операторные) и помещения контроллеров управления и ПАЗ должны быть устойчивыми к воздействию ударной волны, обеспечивать безопасность находящегося в них персонала и иметь автономные средства энергообеспечения (освещение, электроснабжение);

– административные, бытовые и другие непроизводственные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны сохранять устойчивость при воздействии ударной волны, возникающей в результате взрывов при авариях на технологических установках.

5.1.23.3 В зонах возможной загазованности должны быть исключены постоянные и случайные источники зажигания, а также источники зажигания возможных взрывопожароопасных облаков.

5.1.23.4 Для защиты от распространения взрывной волны рекомендуется предусматривать озеленение территории производства большими группами и массивами высоких деревьев и кустарников.

5.1.24 В целях противодействия угрозам совершения террористических актов и несанкционированным действиям в производствах, имеющих в своем составе технологические блоки всех категорий взрывоопасности, разрабатываются меры по предотвращению постороннего несанкционированного вмешательства в ход технологических процессов.

5.1.25 Численность производственного персонала, эксплуатирующего взрывопожароопасное производство, определяется проектом.

5.2 Аппаратурное оформление технологических процессов

5.2.1 Порядок и условия применения оборудования, технических устройств, в том числе иностранного производства, на взрывопожароопасных технологических объектах должен соответствовать требованиям ТР ТС 010, ТР ТС 012, [17] и других НПА, ТНПА в области промышленной безопасности.

Выбор оборудования, технических устройств должен осуществляться в соответствии с исходными данными на проектирование, требованиями НПА, ТНПА и настоящего технического кодекса, исходя из условий обеспечения минимального уровня взрывоопасности технологических систем с учетом эксплуатационных и технических параметров.

При выборе оборудования, технических устройств необходимо учитывать особенности их конструкции, коррозийной стойкости, наличие средств взрывозащиты, характеристики используемых конструкционных (в том числе уплотняющих, прокладочных) и смазочных материалов, приспособленность к диагностированию их состояния, а также режим сменности, длительность процесса между регламентированными остановками, межремонтные сроки по принятой в отрасли системе технического обслуживания и ремонта.

5.2.2 Для технологического оборудования должен устанавливаться назначенный срок службы с учетом конкретных условий эксплуатации. Данные о сроке службы должны приводиться изготовителем в паспортах на оборудование и трубопроводную арматуру.

Для трубопроводов и арматуры проектной организацией устанавливаются расчетные и назначенные сроки эксплуатации, что должно быть отражено в проектной документации и внесено в паспорт трубопровода.

Продление срока безопасной эксплуатации оборудования, выработавшего установленный срок службы, должно осуществляться в порядке, установленном в соответствующих ТНПА и НПА.

Фланцевые соединения выбираются в зависимости от условий ведения технологического процесса, периодичности планируемой сборки и разборки. Порядок контроля за состоянием и периодичностью замены всех элементов, обеспечивающих нормированные прочностные характеристики сопрягаемых деталей и крепежа и герметичность соединений, а также срок их службы устанавливаются в проекте.

Принимаемые прокладочные и набивочные материалы, затворные, уплотняющие и рабочие жидкости сальниковых, торцевых уплотнений и гидросистем, смазка должны обеспечивать износостойкость и герметичность оборудования в условиях эксплуатации и быть нейтральными к технологической среде.

5.2.3 Для оборудования (аппаратов и трубопроводов), где невозможно исключить образование взрывоопасных сред и возникновение источников энергии, величина которой превышает минимальную энергию зажигания обращающихся в процессе веществ, проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены методы и средства по взрывозащите и локализации пламени, а в обоснованных случаях – повышение механической прочности в расчете на полное давление взрыва.

Эффективность и надежность средств взрывозащиты, локализации пламени и других противоаварийных устройств, как правило, должны подтверждаться испытанием промышленных образцов оборудования на взрывозащищенность.

Обеспечение оборудования противоаварийными устройствами не исключает необходимости разработки мер, направленных на предотвращение образования в нем источников зажигания. Данные меры должны быть разработаны проектной организацией и предусмотрены в составе проектной документации.

5.2.4 Технологическое оборудование и трубопроводы должны соответствовать требованиям НПА, ТНПА и технической документации на данное оборудование и трубопроводы.

Устройство аппаратов, работающих под избыточным давлением, под вакуумом должно соответствовать требованиям настоящего технического кодекса, [18] и требованиям других НПА, ТНПА.

5.2.5 Технологические аппараты, содержащие взрывопожароопасные вещества и работающие без избыточного давления, должны рассчитываться с учетом пневматического испытания их на герметичность избыточным давлением не менее 0,01 МПа при вместимости аппарата до 30 м^3, не менее 0,005 МПа при вместимости аппарата более 30 м^3. Нормы минимального расчета давления не распространяются на наружные резервуары вместимостью 30 м^3 и более. Технологические аппараты и трубопроводы, работающие под вакуумом, должны рассчитываться с учетом гидравлического испытания их на давление 0,2 МПа и пневматического – на 0,1 МПа, аппараты колонного типа – на гидравлическое испытание давлением столба жидкости.

5.2.6 Для исключения деформации аппаратов и емкостей при опорожнении они должны быть оснащены воздушниками, диаметры которых рассчитаны на максимальную скорость опорожнения.

5.2.7 Сборники, мерники и другое оборудование, через воздушники которых выделяются пары вредных веществ 1-го и 2-го классов опасности, а также вещества остронаправленного действия 3-го и 4-го классов должны быть подключены к системе принудительного отсоса и улавливания или возврата в технологическую систему.

5.2.8 Для изготовления оборудования и трубопроводов должны применяться материалы, которые при взаимодействии с рабочей средой не могут образовывать нестабильные соединения, являющиеся инициаторами взрыва перерабатываемых продуктов.

5.2.9 Для герметизации подвижных соединений технологического оборудования, работающих в контакте с СУГ и ЛВЖ, следует применять уплотнения торцевого типа.

5.2.10 Оборудование со взрывопожароопасными продуктами должно оснащаться узлами для подключения линий воды, пара, инертного газа, проветривания и нейтрализации, аварийного освобождения, средств взрывоподавления и взрывозащиты.

5.2.11 При необходимости устройства наружной теплоизоляции резервуаров, емкостей, технологического оборудования, трубопроводов, технических устройств должны быть предусмотрены меры защиты от попадания в нее горючих продуктов. Тепловая изоляция резервуаров, емкостей, технологического оборудования, трубопроводов, технических устройств должна быть выполнена из негорючих материалов. Температура наружных поверхностей резервуаров, емкостей, технологического оборудования, трубопроводов, технических устройств и (или) кожухов теплоизоляционных покрытий не должна превышать 80 % от температуры самовоспламенения наиболее взрывопожароопасного вещества, обращающегося в технологическом процессе, а в местах, доступных для обслуживающего персонала, должно быть не более 45 °С внутри помещений и 60 °С – на наружных установках.

5.2.12 Требования к устройству, изготовлению и надежности, порядок испытаний, контроля состояния и эксплуатации теплообменных элементов определяются соответствующими ТНПА.

5.2.13 Для аппаратуры с газофазными процессами и газопроводов, в которых по условиям проведения технологического процесса возможна конденсация паров, проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены устройства для сбора и удаления жидкой фазы.

5.2.14 Для взрывопожароопасных технологических систем, оборудование и трубопроводы которых в процессе эксплуатации по роду работы подвергаются вибрации, проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены меры и средства по исключению ее воздействия на уплотнительные элементы и снижению воздействия на смежные элементы технологической системы и строительные конструкции.

Допустимые уровни вибрации для отдельных видов оборудования и его элементов (узлов и деталей), методы и средства контроля этих величин и способы снижения их значений должны соответствовать требованиям НПА, ТНПА и отражаться изготовителем в технической документации на оборудование.

5.2.15 Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, должны:

– соответствовать требованиям промышленной безопасности;

– иметь сертификат соответствия и/или иной документ, подтверждающий возможность применения на поднадзорных Госпромнадзору объектах и производствах, выданный в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

5.3 Оборудование и его размещение

5.3.1 Технологическое оборудование взрывопожароопасных технологических объектов, как правило, следует размещать на открытых площадках (наружных установках). Производственные здания для размещения технологического оборудования допускается проектировать только в тех случаях, когда это вызвано особенностью технологического процесса или конструктивными требованиями оборудования при соответствующем техническом обосновании.

5.3.2 Размещение технологического оборудования и трубопроводов в помещениях зданий, на открытых площадках (наружных установках), эстакадах должно осуществляться в соответствии с проектной документацией с учетом требований ТНПА и НПА, а также возможности проведения визуального контроля за их техническим состоянием, проведения работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностированию и замене, обеспечивать удобство и безопасность их эксплуатации, возможности принятия оперативных мер по предотвращению инцидентов, аварий, чрезвычайных ситуаций и их локализации и ликвидации.

5.3.3 Технологическое оборудование взрывопожароопасных производств не должно размещаться:

– над и под вспомогательными помещениями;

– под эстакадами технологических трубопроводов с СУГ, ЛВЖ, ГЖ, едкими и коррозионно-активными веществами;

– над площадками открытых насосных и компрессорных установок, за исключением случаев применения герметичных бессальниковых насосов или при разработке и реализации специальных мер безопасности, предусмотренных в составе проектной документации, исключающих попадание взрывопожароопасных веществ на оборудование, установленное на нижележащих отметках.

5.3.4 Для технологического оборудования и трубопроводов взрывопожароопасных производств, в которых обращаются коррозионно-активные вещества, проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены методы их защиты с учетом скорости коррозийного износа применяемых конструкционных материалов в соответствии с ТКП 45-2.01-111.

5.3.5 Полы помещений, этажерок, площадок и галерей при установке на них оборудования, в котором обращаются ЛВЖ, ГЖ, должны иметь уклоны к приемным решеткам, соединенным со сборником или производственной канализацией через гидравлические или другие затворы с огнепреградителями.

Оборудование с СУГ в производственных помещениях зданий должно размещаться в поддонах с устройством по их периметру отбортовки высотой не менее 0,15 м на расстоянии не менее 1,0 м от оборудования, обеспечивающей исключение разлива продуктов. Поддоны должны оснащаться сливным устройством.

Оборудование с ЛВЖ и ГЖ в производственных помещениях зданий должно размещаться в поддонах с устройством по их периметру отбортовки. Высота отбортовки рассчитывается с учетом возможной полной разгерметизации одного хранилища максимальной вместимости.

Площадки и перекрытия этажерок, если на них установлено оборудование, в котором обращаются СУГ, ЛВЖ и ГЖ, должны быть глухими, непроницаемыми для жидкостей и ограждены по периметру сплошным бортом высотой не менее 0,15 м с устройством пандуса у выходов на лестницы.

Оборудование, в котором обращаются СУГ, ЛВЖ и ГЖ, установленное под этажерками, должно ограждаться бортом высотой не менее 0,15 м, на расстоянии не менее 1,0 м от оборудования.

Оборудование, в котором обращаются СУГ, ЛВЖ и ГЖ, установленное на открытых площадках вне этажерок, также должно быть ограждено бортом, как указано выше.

5.3.6 В местах пересечения перекрытия оборудованием и трубопроводами борта ограждающие проемы и гильзы должны выступать на высоту не менее 0,15 м над перекрытием. Для отвода разлившейся жидкости и атмосферных осадков с площадок и перекрытий этажерок, огражденных бортами, необходимо предусматривать сливные стояки диаметром не менее 100 мм. Число стояков должно приниматься по расчету, но не менее двух. Сбор разлившихся жидкостей и атмосферных осадков должен осуществляться в специальную емкость.

При наличии в организации закрытой системы промышленной канализации, предназначенной для улавливания разлитых ЛВЖ и ГЖ (нефтеловушки и др.), устройство специальных емкостей для сбора атмосферных осадков и разлитых ЛВЖ и ГЖ не требуется. В этом случае колодцы данной системы канализации должны содержаться закрытыми, крышки колодцев необходимо засыпать песком.

5.3.7 Технологическое оборудование и трубопроводы, контактирующие с коррозийными веществами, преимущественно должны изготавливаться из коррозионно-стойких металлических конструкционных материалов. Допускается в обоснованных случаях для защиты оборудования и трубопроводов применять коррозионно-стойкие неметаллические покрытия (фторопласт, полиэтилен и т. п.).

Для технологических блоков III категории взрывоопасности при соответствующем обосновании, подтвержденном результатами исследований, допускается использование оборудования и трубопроводов из неметаллических коррозионно-стойких материалов (стекло, фарфор, фторопласт, полиэтилен и т. п.) с разработкой мер безопасности.

5.3.8 Компрессоры и насосы, используемые для перемещения горючих, сжатых и СУГ, ЛВЖ и ГЖ, по надежности и конструктивным особенностям должны выбираться с учетом критических параметров, физико-химических свойств перемещаемых продуктов и параметров технологического процесса. При этом количество насосов и компрессоров необходимо определять из условия обеспечения непрерывности технологического процесса; в необходимых случаях следует предусматривать их резервирование.

5.3.9 Запорная арматура, устанавливаемая на нагнетательном и всасывающем трубопроводах насоса или компрессора, должна быть к нему максимально приближена и находиться в зоне, удобной для обслуживания.

При перемещении транспортируемых сред на противодавление или высоту подъема, если поступление их обратным ходом может привести к возникновению аварийной ситуации, на нагнетательном трубопроводе должна быть предусмотрена установка обратного клапана или другого устройства, предотвращающего перемещение транспортируемых веществ обратным ходом.

Для насосов и компрессоров (группы насосов и компрессоров), перемещающих горючие продукты, должно быть предусмотрено дистанционное отключение.

5.3.10 Насосы и компрессоры технологических блоков взрывопожароопасных производств, остановка которых при падении напряжения или кратковременном отключении электроэнергии может привести к отклонениям технологических параметров процесса до критических значений и развитию аварии, преимущественно должны выбираться с учетом возможности их повторного автоматического пуска и оснащаться системами самозапуска электродвигателей.

Время срабатывания системы самозапуска должно быть меньше времени выхода параметров за предельно допустимые значения.

5.3.11 Для перекачки ЛВЖ должны применяться, как правило, центробежные бессальниковые насосы, в обоснованных случаях допускается применение других типов насосов. Выбор типов насосов для перекачки ЛВЖ должен осуществляться проектной организацией на стадии проектирования.

Выбор уплотнения валов центробежных насосов: двойных торцевых уплотнений, одинарных торцевых с дополнительным уплотнением или других специальных уплотнений необходимо осуществлять в зависимости от взрывоопасности смеси паров перекачиваемой жидкости и токсических ее свойств, обеспечивая исключение утечки опасных веществ в окружающую среду.

Для СУГ следует применять герметичные (бессальниковые) насосы.

5.3.12 Центробежные насосы с двойным торцевым уплотнением должны оснащаться системами контроля и сигнализации давления уплотняющей жидкости, а насосы с индивидуальной системой подачи уплотняющей жидкости – блокировками по их отключению в случае снижения давления уплотняющей жидкости ниже установленного минимального значения, если изготовителем не предусмотрены иные меры по обеспечению безопасной эксплуатации насосов.

5.3.13 В технологических блоках I категории взрывоопасности центробежные компрессоры и насосы с торцевыми уплотнениями должны оснащаться системами контроля за температурой подшипников с сигнализацией, срабатывающей при достижении предельных значений, и блокировкой по отключению компрессоров и насосов при превышении предельных значений температуры, если это предусмотрено проектом. Конструкция компрессоров и насосов должна предусматривать установку датчиков температуры подшипников.

За уровнем вибрации должен быть установлен периодический контроль.

Для предупреждения возникновения аварий рекомендуется для насосно-компрессорного оборудования использование системы компьютерного мониторинга для контроля температуры подшипниковых узлов, вибрации, давления, уровня и других параметров.

5.3.14 Изготовление трубопроводов и арматуры для горючих и взрывоопасных продуктов должно осуществляться с учетом химических свойств и технологических параметров транспортируемых сред, а также требований ТНПА.

5.3.15 Во взрывопожароопасных технологических системах запрещается применение гибких рукавов (резиновых, пластмассовых и т. п.) в качестве стационарных трубопроводов для транспортировки СУГ, веществ в парогазовом состоянии, ЛВЖ и ГЖ, кроме случаев, когда это вызвано технологической необходимостью (для предупреждения вибрации и т. п.). В таких случаях должны применяться гибкие специальные рукава (армированные, бронированные и др.) с обеспечением мер безопасности в соответствии с требованиями ТНПА, в том числе способов защиты от статического электричества.

Допускается применение гибких рукавов, отвечающих требованиям ТНПА, для проведения операций слива и налива СУГ, ЛВЖ, ГЖ в железнодорожные вагоноцистерны, автоцистерны и другое нестационарное оборудование, а также для выполнения вспомогательных операций (продувка участков трубопроводов, насосов, отвод продувочных газов и паров, освобождение трубопроводов от остатков СУГ, ЛВЖ, ГЖ и т. д.), при этом должны быть приняты и отражены проектной организацией в составе проектной документации меры защиты от статического электричества в соответствии с требованиями ТНПА.

5.3.16 Во взрывопожароопасных технологических системах, в которых при отклонениях от регламентированных параметров возможен детонационный взрыв в трубопроводах, проектной организацией в составе проектной документации должна быть предусмотрена реализация мероприятий по предотвращению их разрушения и средства ослабления детонационных явлений.

5.3.17 Прокладка технологических трубопроводов должна осуществляться в соответствии с требованиями [19], в том числе в соответствии с требованиями, изложенными в настоящем техническом кодексе.

5.3.18 Прокладка трубопроводов должна обеспечивать наименьшую протяженность коммуникаций с учетом компенсации температурных деформаций, исключать провисания и образование застойных зон.

5.3.19 Прокладку трубопроводов через строительные конструкции зданий и другие препятствия необходимо осуществлять в соответствии с требованиями ТНПА, в том числе должны быть приняты меры, исключающие возможность передачи дополнительных нагрузок на трубопроводы.

5.3.20 Трубопроводы, как правило, не должны иметь фланцевых или других разъемных соединений. Наличие фланцевых соединений допускаются только в местах установки арматуры или подсоединения трубопроводов к технологическому оборудованию, техническим устройствам, а также на тех участках, где по условиям технологии требуется периодическая разборка для проведения чистки и ремонта трубопроводов.

5.3.21 Фланцевые соединения должны предусматриваться в местах, открытых и доступных для визуального наблюдения, обслуживания, разборки, ремонта и монтажа. Не допускается устраивать фланцевые соединения трубопроводов со взрывопожароопасными, токсичными, едкими и коррозионно-опасными веществами над местами постоянного прохода и пребывания людей, площадками обслуживания.

Материал фланцев, конструкция уплотнения должны приниматься в соответствии с требованиями ТНПА с учетом условий эксплуатации.

5.3.22 В местах подсоединения трубопроводов с горючими продуктами к коллектору необходимо предусматривать установку арматуры для их периодического отключения. При подключении к коллектору трубопроводов технологических блоков I категории взрывоопасности в обоснованных случаях для повышения надежности необходимо предусматривать установку дублирующих отключающих устройств.

5.3.23 Для ЛВЖ с температурой вспышки до 45 °С должна применяться стальная арматура, стойкая к коррозийному воздействию рабочей среды в условиях эксплуатации и отвечающая требованиям ТНПА и настоящего технического кодекса. В технологических блоках, имеющих $Q_в < 10$, допускается применение арматуры из чугуна, а также неметаллических конструкционных материалов (пластических масс, стекла и т. п.) при наличии результатов специальных исследований и разработке дополнительных мер безопасности в условиях эксплуатации.

Дополнительные меры безопасности должны быть разработаны проектной организацией и предусмотрены в составе проектной документации.

5.3.24 Арматура с металлическим уплотнением в затворе, применяемая для установки на трубопроводах взрывопожароопасных продуктов, должна соответствовать классу «А» герметичности затвора.

5.3.25 На технологических трубопроводах технологических блоков I категории взрывоопасности с давлением среды P > 2,5 МПа, температурой, равной температуре кипения при регламентированном давлении, и повышенными требованиями по надежности и плотности соединений следует применять арматуру под приварку.

5.3.26 Противоаварийные устройства

5.3.26.1 В технологических системах для предупреждения аварий, предотвращения их развития необходимо применять противоаварийные устройства: запорную, запорно-регулирующую арматуру, клапаны, отсекающие и другие отключающие устройства, предохранительные устройства от превышения давления, средства подавления и локализации пламени, автоматические системы подавления взрыва.

5.3.26.2 Арматура, клапаны и другие устройства, используемые в системах подачи в технологическую аппаратуру ингибирующих и инертных веществ, по быстродействию и производительности должны отвечать следующим требованиям:

– в системах подачи инертного газа в технологические блоки всех категорий взрывоопасности следует обеспечивать объемные скорости ввода инертного газа, исключающие образование взрывоопасных смесей во всех возможных случаях отклонений процесса от регламентированных значений;

– в системах ввода ингибирующих веществ технологических блоков всех категорий взрывоопасности следует обеспечивать необходимые объемные скорости подачи ингибиторов для подавления неуправляемых экзотермических реакций;

– в системах подачи хладагента в теплообменные элементы реакционной аппаратуры технологических блоков следует обеспечивать бесперебойную дополнительную подачу хладагента в количествах, необходимых для прекращения развития неуправляемых экзотермических реакций;

– на коммуникациях организованного сброса горючих парогазовых и жидких сред технологических блоков всех категорий взрывоопасности следует исключать возможность выброса этих сред в окружающую атмосферу.

5.3.26.3 Для оборудования, оснащаемого средствами защиты, должны предусматриваться меры по предотвращению травмирования обслуживающего персонала, выброса взрывоопасных продуктов в рабочую зону и вредного воздействия на окружающую среду при срабатывании средств защиты.

5.3.26.4 Применяемая для взрывозащиты технологических систем арматура, предохранительные устройства, средства локализации пламени должны изготавливаться специализированными предприятиями в соответствии с требованиями ТНПА, технической документации на изготовление, испытание и монтаж этих устройств.

5.3.26.5 Выбор и расчет средств защиты аппаратов и коммуникаций от превышения давления должны производиться проектной организацией в соответствии с требованиями ТНПА.

5.3.26.6. На емкостных аппаратах, предназначенных для работы под давлением ядовитых, горючих или взрывоопасных газов, со средой, вызывающей повышенную забивку или коррозию предохранительных клапанов, как правило, предусматриваются резервные предохранительные клапаны с переключающим устройством.

5.3.27 Средства защиты от распространения пламени (огнепреградители, пламяотсекатели, жидкостные затворы и т. п.) должны устанавливаться в соответствии с требованиями ТНПА, в том числе на дыхательных и стравливающих линиях резервуаров, емкостей, аппаратов с СУГ, ГГ, ЛВЖ и ГЖ, а также на трубопроводах СУГ, ГГ, ЛВЖ и ГЖ, в которых возможно распространение пламени, в том числе работающих периодически или при незаполненном сечении трубопровода, на трубопроводах от оборудования с раскаленным катализатором, пламенным горением и другими источниками зажигания.

Средства защиты от распространения пламени могут не устанавливаться при условии подачи в эти линии инертных газов в количествах, исключающих образование в них взрывоопасных смесей.

Конструкция огнепреградителей и жидкостных предохранительных затворов должна обеспечивать надежную локализацию пламени с учетом условий эксплуатации.

5.3.28 Для резервуаров с ЛВЖ, работающих под давлением и относящихся к технологическим блокам I и II категорий взрывоопасности, при возможности возникновения в них вакуума для его гашения и исключения образования взрывоопасной среды должна предусматриваться подача газа, инертного к перемещаемой среде.

5.3.29 Для резервуаров, емкостей с ЛВЖ, работающих без давления, проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены меры, предотвращающие образование в них взрывоопасных смесей либо исключающие источники воспламенения.

5.4 Системы контроля, управления и автоматической противоаварийной защиты технологических процессов

5.4.1 Общие требования

5.4.1.1 Системы контроля технологических процессов, автоматического, автоматизированного и дистанционного управления (системы управления), системы автоматической сигнализации, системы противоаварийной автоматической защиты (системы ПАЗ), а также связи и оповещения об аварийных ситуациях (системы связи и оповещения), в том числе поставляемые комплектно с оборудованием, должны отвечать требованиям НПА, ТНПА, настоящего технического кодекса, конструкторской и проектной документации и обеспечивать заданную точность поддержания технологических параметров, надежность и безопасность проведения технологических процессов.

5.4.1.2 Выбор систем контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения по надежности, быстродействию (времени срабатывания), допустимой погрешности измерительных систем и другим техническим характеристикам должен осуществляться проектной организацией и отражаться в проектной документации. Данный выбор осуществляется с учетом категории взрывоопасности защищаемого объекта, особенностей технологических процессов, на основе анализа возможных аварийных ситуаций, а для взрывопожароопасных технологических объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности – дополнительно на основе моделирования ситуаций средствами микропроцессорной техники.

5.4.1.3 Технические устройства, элементы систем контроля, управления и ПАЗ, связи и оповещения, устанавливаемые во взрывоопасных зонах производственных помещений и наружных установок, места и условия их размещения должны соответствовать требованиям ТНПА.

5.4.1.4 Для осуществления контроля состояния воздушной среды проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены:

– автоматический контроль загазованности с установкой стационарных газоанализаторов ПДК или сигнализаторов ДВК с устройством световой и звуковой сигнализации в соответствии с требованиями НПА, ТНПА (в производственных и складских помещениях, в которых обращаются, хранятся взрывопожароопасные вещества (СУГ, ГГ, ЛВЖ));

– как правило, установка средств автоматического газового контроля (стационарных газоанализаторов ПДК или сигнализаторов ДВК) с сигнализацией и регистрацией случаев превышения допустимых значений в соответствии с требованиями НПА, ТНПА, в обоснованных случаях допускается периодический контроль воздушной среды (на наружных технологических установках, в резервуарных и емкостных парках, в которых обращаются, хранятся взрывопожароопасные вещества (СУГ, ГГ, ЛВЖ));

– установка стационарных газоанализаторов ПДК с устройством световой и звуковой сигнализации в соответствии с требованиями НПА, ТНПА (в производственных и складских помещениях, на наружных технологических установках, в резервуарных и емкостных парках, в которых обращаются, хранятся вещества 1-го класса опасности и 2-го класса опасности, а также вещества остронаправленного действия 3-го и 4-го классов).

Обоснование осуществления периодического контроля воздушной среды должно быть предусмотрено проектной организацией в составе проектной документации.

В случае отсутствия в помещении постоянного рабочего места обслуживающего персонала сигнализация о загазованности воздушной среды устанавливается снаружи перед входными дверьми в помещение.

Места установки и количество датчиков или пробоотборных устройств анализаторов определяются в проекте.

При оснащении производственных и складских помещений, наружных технологических установок, резервуарных и емкостных парков газоанализаторами ПДК дополнительная установка сигнализаторов ДВК не требуется.

5.4.2 Системы управления технологическими процессами

5.4.2.1 Технологические процессы, имеющие в своем составе объекты с технологическими блоками I категории взрывоопасности, должны оснащаться автоматизированными микропроцессорными системами управления.

Объем оснащения должен быть обоснован, должен обеспечивать необходимую точность, надежность и безопасность проведения технологических процессов и указан проектной организацией в проектной документации.

5.4.2.2 Системы управления взрывопожароопасными процессами на базе средств микропроцессорной техники должны соответствовать требованиям НПА, ТНПА и обеспечивать:

– постоянный контроль за параметрами процесса и управление режимом для поддержания их регламентированных значений;

– регистрацию срабатывания и контроль за работоспособным состоянием средств ПАЗ;

– постоянный контроль состояния воздушной среды в местах возможного образования взрывоопасных концентраций;

– действие средств управления и ПАЗ, прекращающих развитие опасной ситуации;

– действие средств локализации аварийной ситуации, выбор и реализацию оптимальных управляющих воздействий;

– проведение операций безаварийного останова и переключения технологического объекта в безопасное состояние;

– мониторинг изменения параметров в сторону критических значений.

5.4.2.3 В помещениях управления должна предусматриваться световая и звуковая сигнализация превышения предельно допустимых отклонений параметров процесса, которые определяют его взрывоопасность, падения давления сжатого воздуха на нужды КИПиА и инертного газа в системах противоаварийной защиты, о работе вентиляционных установок и срабатывании газоанализаторов и сигнализаторов о загазованности в производственных помещениях и на наружных установках.

5.4.3 Системы противоаварийной автоматической защиты

5.4.3.1 Надежность и время срабатывания систем противоаварийной автоматической защиты определяются разработчиками систем ПАЗ с учетом требований технологической части проекта. При этом учитываются категория взрывоопасности технологических блоков, входящих в объект, и время развития возможной аварии. Время срабатывания системы защиты должно быть таким, чтобы исключалось опасное развитие процесса.

5.4.3.2 Выбор системы ПАЗ взрывопожароопасных технологических объектов и ее элементов осуществляется исходя из условий обеспечения ее работы при выполнении требований по эксплуатации, обслуживания и ремонта в течение всего межремонтного пробега защищаемого объекта на протяжении всего жизненного цикла системы ПАЗ. При этом надежность должна быть не ниже 0,99 за 1000 ч для технологических блоков I категории и не ниже 0,9 – 0,99 за 1000 ч для технологических блоков II и III категорий.

При выборе электрооборудования и систем ПАЗ оценка заданного значения показателей требуемой надежности производится, как правило, с учетом таблицы соответствия категорий взрывоопасности (приложение Г) значениям показателей надежности по ГОСТ 12.1.010 и интегральным уровням безопасности [20].

5.4.3.3 Системы ПАЗ и управления технологическими процессами должны исключать их срабатывание от случайных и кратковременных сигналов нарушения нормального хода технологического процесса, в том числе и в случае переключений на резервный или аварийный источник электропитания.

5.4.3.4 В случае отключения электроэнергии или прекращения подачи сжатого воздуха для питания систем контроля и управления системы ПАЗ должны обеспечивать перевод технологического объекта в безопасное состояние. Необходимо исключить возможность произвольных переключений в этих системах при восстановлении питания. Возврат технологического объекта в рабочее состояние после срабатывания ПАЗ выполняется обслуживающим персоналом в соответствии с инструкцией-методикой.

5.4.3.5 Проектной организацией (разработчиком процесса) в проектной документации технологических объектов с блоками всех категорий взрывоопасности наряду с уставками защиты по взрывоопасным параметрам должны быть указаны критические (аварийные) значения параметров, определяющих взрывоопасность процесса, или их границы.

Разработчиком технологического процесса в технологической документации или проектной организацией в проектной документации должны быть определены стадии процесса или отдельные параметры, управление которыми в ручном режиме не допускается, и они должны быть указаны в технологическом регламенте.

5.4.3.6 Проектной организацией должны быть определены и приведены в составе проектной документации значения уставок систем защиты с учетом погрешностей срабатывания сигнальных устройств средств измерения, быстродействия системы, возможной скорости изменения параметров и категории взрывоопасности технологического объекта.

5.4.3.7 Для взрывоопасных технологических объектов в составе проектной документации должна быть предусмотрена предаварийная (при необходимости предупредительная) сигнализация по значениям параметров, определяющим взрывоопасность процессов.

5.4.3.8 Резервуары, емкости с СУГ и ЛВЖ, входящие в состав технологических блоков I категории взрывоопасности, должны быть оснащены не менее чем двумя измерителями уровня и сигнализацией верхнего предельного уровня от двух датчиков, для блоков других категорий допускается оснащение одним измерителем уровня с сигнализатором верхнего предельного уровня.

5.4.3.9 Для электронных, электронных программируемых средств ПАЗ должны быть предусмотрены средства и методы контроля исправного состояния.

Средства и методы контроля исправного состояния средств ПАЗ должны быть отражены проектной организацией в составе проектной документации. Электронные, электронные программируемые средства ПАЗ для технологических блоков I категории взрывобезопасности должны иметь функцию самодиагностики и световой индикации исправного состояния. Для электронных, электронных программируемых средств ПАЗ объектов II и III категорий взрывобезопасности при отсутствии функции самодиагностики и световой индикации исправного состояния должны быть предусмотрены средства и методы периодического контроля исправного состояния этих средств ПАЗ.

5.4.3.10 При выборе систем ПАЗ и их элементов в каждом конкретном случае, как правило, должны применяться резервируемые электронные и микропроцессорные системы. Необходимость резервирования должна быть обоснована проектной организацией в составе проектной документации.

5.4.3.11 Контроль за параметрами, определяющими взрывоопасность технологических объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности, осуществляется не менее чем от двух независимых датчиков с раздельными точками отбора и допускается от двух различных параметров (давление и температура, температура и концентрация и т. п.). Перечень таких параметров и обоснованность в каждом конкретном случае определяется разработчиком процесса.

5.4.3.12 Для технологических блоков I категории взрывоопасности необходимо применять независимый логический резервированный контроллер для системы ПАЗ. При этом система ПАЗ должна функционировать независимо от системы управления технологическим процессом. Нарушение работы системы управления не должно влиять на работу системы ПАЗ. Для технологических блоков II и III категорий взрывоопасности необходимость применения независимых логических контроллеров для системы ПАЗ определяется проектной организацией.

Установка деблокирующих ключей в схемах ПАЗ объектов с блоками всех категорий взрывоопасности допускается только для обеспечения пуска, остановки или переключений. При этом при проектировании предусматриваются устройства, регистрирующие все случаи отключений параметров защиты и их продолжительность.

5.4.4 Энергетическое обеспечение систем контроля, управления и противоаварийной защиты

5.4.4.1 Системы контроля, управления и ПАЗ объектов I категории взрывоопасности в части обеспечения надежности электроснабжения относятся к особой группе электроприемников I категории в соответствии с ТНПА. Необходимость отнесения систем контроля, управления и ПАЗ технологических блоков II и III категорий взрывоопасности к электроприемникам особой группы должна быть обоснована и определена проектной организацией в составе проектной документации.

5.4.4.2 Для систем контроля, управления и ПАЗ технологических объектов с блоками I категории взрывоопасности необходимо предусматривать третий независимый источник электропитания (источник бесперебойного питания) для безаварийного останова технологического объекта в расчетное время.

5.4.4.3 Для пневматических систем контроля, управления и ПАЗ следует предусматривать специальные установки для очистки и осушки воздуха КИПиА и при необходимости отдельные сети сжатого воздуха. Качество сжатого воздуха должно соответствовать требованиям ТНПА и быть не ниже I класса загрязненности.

5.4.4.4 Запас сжатого воздуха должен обеспечивать питание систем контроля, управления и ПАЗ в случае останова компрессоров в течение не менее 1 ч. Производства с технологическими блоками I категории взрывоопасности, как правило, должны иметь буферные емкости.

5.4.4.5 На вводе трубопровода сжатого воздуха в цех проектной организацией в составе проектной документации должна быть предусмотрена установка пробоотборных устройств для проведения анализа его загрязненности.

5.4.4.6 Проектной организацией в составе проектной документации должно предусматриваться оснащение помещений управления технологическими объектами и установок компримирования воздуха световой и звуковой сигнализацией по падению давления сжатого воздуха.

5.4.4.7 Запрещается использование инертного газа для питания систем контроля, управления и ПАЗ, КИПиА.

5.4.5 Обеспечение единства измерений при проектировании и эксплуатации систем контроля, управления и противоаварийной защиты

5.4.5.1 Деятельность по обеспечению единства измерений осуществляется метрологической службой организации и регламентируется:

– действующими законодательными актами Республики Беларусь,[21];

– руководящими указаниями Госстандарта и Госпромнадзора;

– техническими регламентами, техническими кодексами, ТНПА Республики Беларусь, межгосударственными стандартами, стандартами организаций;

– приказами, распоряжениями, положениями и методическими документами, утвержденными руководством организаций.

5.4.5.2 В организации, эксплуатирующей взрывопожароопасные технологические объекты, должна быть создана метрологическая служба, которая в числе других задач решает задачи обеспечения единства и точности измерений технологических параметров в соответствии с [21] и другими ТНПА по обеспечению единства измерений и требований промышленной безопасности при эксплуатации средств измерений, систем контроля, управления и ПАЗ.

5.4.5.3 Руководители организаций несут ответственность за организацию работ по обеспечению:

– правильности проводимых измерений;

– достоверности измерений с требуемой точностью;

– требований промышленной безопасности при эксплуатации средств измерений, систем контроля, управления и ПАЗ;

– надлежащего состояния средств измерений.

5.4.5.4 Организация и общее руководство работами по обеспечению единства измерений в организациях, ответственность за состояние средств измерений, систем контроля, управления и ПАЗ, за соблюдение требований ТНПА в области метрологии возлагается на главного инженера организации, осуществляющего эту работу через главного метролога организации или лицо, назначенное ответственным за обеспечение единства измерений.

5.4.5.5 Средства измерений, входящие в систему контроля, управления и ПАЗ, и информационно-измерительные системы (ИИС) должны быть отградуированы в единицах измерений, допущенных к применению в Республике Беларусь (ТР 2007/003/BY), и обеспечивать установленную проектной документацией точность измерений. Средства измерений, отнесенные к сфере законодательной метрологии, подлежат утверждению типа или метрологической аттестации средств измерений и подвергаются в установленном порядке поверке или калибровке. ИИС и средства измерений вне сферы законодательной метрологии подвергаются метрологическому контролю в соответствии с НПА и ТНПА в области метрологии.

5.4.5.6 Анализаторы состава газов и жидкостей должны подвергаться метрологическому контролю в соответствии с ТКП 8.003, ТКП 8.004 и ТКП 8.014. Средства газового анализа должны обеспечиваться аттестованными в установленном порядке поверочными газовыми смесями.

5.4.5.7 Для технологических объектов с блоками I категории взрывоопасности в системах контроля, управления и ПАЗ запрещается использовать средства измерений (приборы), отработавшие свой срок службы. Эксплуатация средств измерений с истекшим сроком службы на технологических блоках I категории взрывоопасности запрещена; на технологических блоках II, III категорий взрывоопасности допускается при наличии заключения об их технической надежности в установленном порядке.

5.4.5.8 Для взрывопожароопасных технологических объектов (в том числе и при проектировании) необходимо предусматривать резерв средств измерений в необходимом объеме.

При снятии средств измерений (контроля), входящих в состав систем управления и ПАЗ, связи и оповещения, в ремонт, наладку, для осуществления метрологического контроля, контроля технического состояния или контроля функционирования должна производиться немедленная замена снятых средств измерений на идентичные по всем параметрам.

5.4.5.9 Технологический регламент, методики выполнения измерений, проектная и конструкторская документация должны проходить обязательную метрологическую экспертизу в соответствии с [22].

Эксплуатация взрывопожароопасного технологического объекта без соблюдения настоящего требования запрещается.

5.4.6 Системы электрических защит и автоматики систем энергоснабжения

5.4.6.1 Энергетическая устойчивость технологической системы с учетом категории взрывоопасности входящих в нее блоков, особенностей технологического процесса должна быть обеспечена выбором схемы электроснабжения, количеством (основных и резервных) источников питания и надежностью оборудования схемы энергосбережения.

5.4.6.2 Проектной организацией должна быть определена категория надежности электроснабжения производств и объектов.

5.4.6.3 Силовое электрооборудование подстанций, электрических сетей и электроустановок должно быть защищено от коротких замыканий и нарушений нормальных режимов эксплуатации устройствами релейной защиты, автоматическими выключателями или предохранителями, обеспечивающими наименьшее время отключения и требования селективности.

5.4.6.4 Каждый аппарат защиты должен иметь надпись, указывающую значения номинального тока аппарата, уставки расцепителя и номинального тока плавкой вставки, требующейся для защищаемой им сети.

5.4.7 Размещение и устройство помещений управления технологическими процессами и анализаторных помещений

5.4.7.1 Объемно-планировочные решения, конструкция зданий, помещений и вспомогательных сооружений для систем управления, ПАЗ и газового анализа, их размещение на территории взрывопожароопасных технологических объектов осуществляются на основе требований настоящего технического кодекса и ТНПА.

5.4.7.2 К помещениям управления относятся помещения, в которых размещается оборудование системы автоматического контроля и управления технологическим процессом и систем ПАЗ (ЦПУ, операторные, машинные залы, помещения контроллеров, аппаратные).

5.4.7.3 Для вновь проектируемых взрывопожароопасных технологических объектов помещения управления, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, при размещении в пределах зон полных и средних разрушений в соответствии с таблицей В.3 (приложение В), должны размещаться в зданиях, устойчивых к воздействию ударной волны.

Необходимость размещения помещений управления без постоянного пребывания людей в зданиях во взрывоустойчивом исполнении определяется проектом.

Пример расчета радиусов зон разрушений для различных типовых технологических процессов приведен в приложении Д.

5.4.7.4 Помещения управления и анализаторные помещения устраиваются, как правило, стоящими отдельно вне взрывоопасной зоны. При соответствующем обосновании допускается пристраивать их к зданиям со взрывоопасными зонами. При этом запрещается:

– размещение над (или под) взрывопожароопасными помещениями, помещениями с химически активной и вредной средой, приточными и вытяжными вентиляционными камерами, помещениями с мокрыми процессами;

– размещение в них оборудования и других устройств, не связанных с системой управления технологическим процессом;

– транзитная прокладка трубопроводов, воздуховодов, кабелей и т. п. через помещения управления;

– устройство парового или водяного отопления;

– ввод пожарных водопроводов, импульсных линий и других трубопроводов с горючими, взрывоопасными и вредными веществами.

5.4.7.5 В отдельных случаях допускается расположение помещения управления над электропомещениями, при этом силовое электрооборудование электропомещений не должно влиять на работу устройств систем автоматизации.

5.4.7.6 Должно быть исключено попадание влаги в помещения управления от устройств системы отопления помещений, расположенных над помещениями управления.

5.4.7.7 Помещения управления технологическими процессами должны удовлетворять следующим требованиям:

– иметь воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией, и установки для кондиционирования воздуха (в обоснованных случаях допускается устройство водяного отопления в помещениях управления, не имеющих электронных приборов);

– воздух, подаваемый в помещения управления, должен быть очищен от газов, паров и пыли и соответствовать требованиям по эксплуатации устанавливаемого оборудования и санитарным нормам;

– полы в помещениях управления должны быть неэлектропроводными;

– средства или системы пожаротушения должны соответствовать требованиям НПА и ТНПА.

5.4.7.8 В обоснованных случаях для систем ПАЗ предусматриваются щиты (или панели) с мнемосхемами структуры блокировок, которые должны оснащаться световыми устройствами, сигнализирующими о состоянии блокировок, источников энергопитания и исполнительных органов.

5.4.7.9 Анализаторные помещения должны соответствовать следующим требованиям:

– иметь легкосбрасываемые ограждающие конструкции в соответствии с требованиями к помещениям категории «А» по пожарной опасности;

– объем анализаторного помещения и технические характеристики систем вентиляции определяются исходя из условия, что в помещении в течение 1 ч должна быть исключена возможность образования взрывоопасной концентрации анализируемых продуктов при полном разрыве газоподводящей трубки одного анализатора независимо от их числа в помещении при наличии ограничителей расхода и давления этих продуктов;

– при невозможности обеспечения этого условия, кроме основной (рабочей) вентиляции, в помещении должна предусматриваться резервная (аварийная) система вентиляции, которая автоматически включается в случае загазованности помещения, а также в случае остановки (отключения) рабочей вентиляции.

5.4.7.10 Запрещается вводить в анализаторное помещение пробоотборные трубки с давлением выше, чем это требуется для работы анализатора.

Ограничители расхода и давления на пробоотборных устройствах должны размещаться в безопасном месте вне анализаторного помещения.

Анализируемые вещества после завершения анализа должны, как правило, возвращаться в технологическую систему или утилизироваться.

5.4.7.11 Баллоны с поверочными газами и смесями, газами-носителями, эталонами и т. п. должны отвечать требованиям [18]. Запрещается их размещение в анализаторных помещениях.

Места и порядок размещения, хранения и использования баллонов определяются проектом.

5.4.7.12 В анализаторных помещениях запрещается предусматривать постоянное пребывание людей.

5.4.7.13 Анализаторы должны иметь защиту от воспламенения и взрыва по газовым линиям.

5.5 Электроснабжение и электрооборудование взрывоопасных технологических процессов

5.5.1 Электроснабжение объектов, имеющих в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности, должно осуществляться не ниже чем по I категории надежности. При этом должна быть обеспечена возможность безаварийного перевода технологического процесса в безопасное состояние во всех режимах функционирования производства, в том числе и при одновременном прекращении подачи электроэнергии от двух независимых взаиморезервирующих источников питания.

5.5.2 Выбор типа исполнения, размещение, устройство, монтаж, обслуживание и ремонт электроустановок должны соответствовать требованиям настоящего технического кодекса, [23] и других ТНПА.

Линии электроснабжения от внешних источников независимо от класса напряжения, питающие потребителей I категории надежности электроснабжения, не должны оборудоваться устройствами автоматической частотной разгрузки.

Прокладку кабелей по территории взрывопожароопасных производств и объектов организации рекомендуется выполнять открыто – по эстакадам, в галереях, на кабельных конструкциях технологических эстакад. Допускается прокладка кабелей в каналах, засыпанных песком, в траншеях.

Размещать кабельные сооружения на технологических эстакадах следует с учетом обеспечения возможности монтажа и демонтажа трубопроводов.

Кабели, прокладываемые на территории технологических установок и производств, должны иметь изоляцию и оболочки из материалов, не распространяющих горение. Выбор изоляции и оболочек кабелей должен производиться с учетом вредного воздействия на них паров химических веществ, имеющихся в зоне прокладки. Не допускается применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой.

При проведении ремонтных работ в условиях стесненности, возможной загазованности, в том числе внутри технологических аппаратов, освещение, как правило, обеспечивается с помощью переносных взрывозащищенных аккумуляторных светильников в соответствующем среде исполнении или переносных светильников во взрывобезопасном исполнении, отвечающих требованиям ТНПА по устройству электроустановок.

Электроснабжение аварийного освещения рабочих мест, с которых при необходимости осуществляется аварийная остановка технологического оборудования, относящегося к особой I категории надежности, должно осуществляться по той же категории надежности.

Устройства для подключения передвижного и переносного электрооборудования должны размещаться вне взрывоопасных зон.

5.5.3 Электроприемники технологических систем, имеющих в своем составе блоки II и III категорий взрывоопасности, в зависимости от конкретных условий эксплуатации и особенностей технологического процесса по обеспечению надежности электроснабжения могут относиться к электроприемникам только I или II категории.

5.5.4 Электроснабжение взаимосвязанных между собой технологических объектов, как правило, предусматривается от одной группы источников питания (основного и резервных).

При электроснабжении от различных групп источников предусматриваются меры и средства, обеспечивающие бесперебойную работу взаимосвязанных между собой объектов технологической системы или перевод ее в безопасное состояние в случае выхода из строя одного из источников питания.

5.5.5 На взрывозащищенное электрооборудование, закупаемое по импорту индивидуально, должно быть обязательно оформлено свидетельство (сертификат) в соответствии с ТР ТС 012, в комплекте технологической установки свидетельство не требуется.

5.5.6 Электроосвещение наружных технологических установок должно иметь дистанционное включение и местное по зонам обслуживания.

5.5.7 На высотных зданиях, сооружениях, технологическом оборудовании необходимо предусматривать в соответствии с требованиями НПА, ТНПА в авиации установку заградительных огней в соответствии с 5.5.2.

5.5.8 Технологические установки и производства оборудуются стационарной сетью для подключения сварочного электрооборудования.

5.6 Отопление и вентиляция

5.6.1 Здания, помещения должны быть оборудованы системами отопления, вентиляции, кондиционирования в соответствии с требованиями [24] и настоящего технического кодекса. Технические решения по оборудованию зданий, помещений системами отопления, вентиляции, кондиционирования должны быть предусмотрены проектной организацией в составе проектной документации.

5.6.2 Устройство систем вентиляции, в том числе аварийной, кратность воздухообмена определяются условиями обеспечения надежного и эффективного вентилирования.

Для технологических блоков I категории взрывоопасности оценка возможности использования всех видов вентиляции при аварийных, залповых выбросах горючих продуктов из технологического оборудования, трубопроводов в помещение осуществляется проектной организацией и отражается в проектной и технологической документации.

5.6.3 Устройство воздухозабора для систем приточной вентиляции, кондиционирования необходимо предусматривать из мест, исключающих попадание в них взрывопожароопасных паров и газов во всех режимах работы производства. При вероятности попадания в системы приточной вентиляции, приточные вентиляционные камеры, системы кондиционирования взрывопожароопасных паров и газов в результате возникновения инцидентов, аварий оборудование систем вентиляции, кондиционирования, электрооборудование и освещение помещений приточных вентиляционных камер должно быть выполнено во взрывозащищенном исполнении, соответствующем категории и группе взрывоопасной смеси.

Приемные устройства для наружного воздуха, шахты для приточных систем, обслуживающих электродвигатели в продуваемом исполнении, устанавливаемые в помещениях категорий А и Б, следует предусматривать самостоятельными.

5.6.4 Устройство выбросов воздуха от систем общеобменной и аварийной вытяжной вентиляции должно обеспечивать эффективное рассеивание и исключать возможность взрыва в зоне выброса и образования взрывоопасных смесей над территорией предприятия, в том числе у стационарных источников зажигания.

5.6.5 Для вентиляционных систем местных отсосов, удаляющих взрывопожароопасные газы, пары и пыли, как правило, должны быть предусмотрены блокировки, исключающие пуск и работу конструктивно связанного с ними технологического оборудования при неработающем вентиляционном оборудовании. Оснащение технологического оборудования блокировками по предупреждению его пуска и работы при неработающем вентиляционном оборудовании должно быть обосновано проектной организацией в составе проектной и технологической документации.

5.6.6 Для систем аварийной вентиляции должно быть предусмотрено их автоматическое включение по срабатыванию установленных в помещении сигнализаторов ДВК (газоанализаторов ПДК).

5.6.7 Проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены технические решения, исключающие поступление взрывопожароопасных газов, паров и пыли по воздуховодам систем вентиляции из одного помещения в другое.

5.6.8 Исполнение вентиляционного оборудования, воздуховодов, элементов для вытяжных вентиляционных систем (шибера, заслонки, клапаны) должно предусматривать исключение источника механического (удар, трение) зажигания или электрического (статическое электричество) происхождения.

Взрывозащищенные вентиляторы должны отвечать требованиям ТНПА.

5.6.9 Расположенные в помещениях технологическое оборудование, его элементы, пробоотборные устройства, от которых возможно выделение вредных и взрывоопасных веществ в период нормальной эксплуатации (определенной регламентом), оснащаются местными отсосами (укрытиями, шкафами).

В производственных помещениях, в которых возможно выделение вредных и взрывоопасных веществ в период нормальной эксплуатации (определенной регламентом) должен быть организован аналитический контроль состояния воздушной среды на рабочих местах.

5.6.10 В помещениях категорий А и Б по взрывопожарной опасности дополнительно к общеобменной вытяжной вентиляции должно быть предусмотрено устройство аварийной вентиляции в соответствии с технологической частью проекта [24].

5.6.11 В помещениях со взрывопожароопасными технологическими процессами преимущественно должно быть предусмотрено воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией. Допускается применение водяного или парового отопления помещений при условии, что обращающиеся в процессе вещества не образуют с водой взрывоопасных продуктов. Максимальная температура поверхностей нагрева систем отопления не должна превышать 80 % температуры самовоспламенения любого из обращающихся в процессе веществ.

5.6.12 Устройство системы отопления (водяного, парового), применяемые элементы и арматура, расположение при прокладке их над электропомещениями и помещениями управления, КИПиА должны исключать попадание влаги в эти помещения при всех режимах эксплуатации и обслуживания этих систем.

5.6.13 Вентиляционное оборудование, системы вентиляции, в том числе воздуховоды и их технические устройства, должны находиться в технически исправном состоянии, соответствовать требованиям проектной документации и эксплуатироваться в соответствии с требованиями ТНПА, ЛНПА. Воздуховоды систем вентиляции, места соединений их участков друг с другом и с вентиляторами должны быть герметичны. Антикоррозионная защита вентиляционного оборудования, систем вентиляции, в том числе воздуховодов и их технических устройств, должна своевременно восстанавливаться.

5.6.14 Электрооборудование вентиляционных систем, устанавливаемое в производственных помещениях, снаружи здания и в помещениях вентиляционного оборудования (вентиляционных камерах) по уровням и видам взрывозащиты, группам и температурным классам, выбирается в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок.

5.6.15 Оборудование вентиляционных (приточных и вытяжных) систем, все металлические воздуховоды необходимо заземлять согласно требованиям ТНПА и НПА.

5.6.16 В помещениях управления и производственных помещениях необходимо предусматривать сигнализацию о работе вентиляционных систем «Включено», «Авария» для:

– систем, обслуживающих помещения, в которых выделяются взрывоопасные вещества;
– постоянно действующих приточных и вытяжных систем;
– систем подпитки и продувки электродвигателей и щитов управления;
– систем аварийной вентиляции.

5.6.17 Порядок эксплуатации, обслуживания, ремонта, наладки и проведения инструментальной проверки на эффективность работы систем вентиляции определяется НПА и ТНПА.

5.7 Водопровод и канализация

5.7.1 Проектирование, строительство и эксплуатация систем водоснабжения и канализации взрывопожароопасных производств должны осуществляться в соответствии с требованиями ТНПА и настоящего технического кодекса.

5.7.2 По каждому технологическому объекту должны определяться возможные составы, температура и количество направляемых в канализацию промышленных стоков. Разделение систем канализации на потоки должно предусматриваться в зависимости от характера загрязнений и последующей их очистки на очистных сооружениях. Организация отвода стоков от различных объектов должна исключать образование осадков и забивку канализации, а при смешивании – возможность образования взрывоопасных продуктов и твердых частиц.

5.7.3 Системы канализации технологических объектов должны обеспечивать удаление и предварительную очистку химически загрязненных технологических смывных и других стоков, образующихся как при регламентированных режимах работы производства, так и в случаях аварийных выбросов.

Запрещается сброс этих стоков в магистральную сеть канализации без предварительной очистки, за исключением случаев, когда центральная сеть предназначена для приема таких стоков.

5.7.4 Меры по очистке стоков и удалению взрывопожароопасных продуктов должны исключать возможность образования в системе канализации взрывоопасной концентрации паров и газов.

5.7.5 Для технологических объектов, как правило, необходимо предусматривать локальные очистные сооружения.

5.7.6 Сооружения локальной очистки на входе и выходе потоков сбросов должны оснащаться средствами контроля содержания взрывоопасных продуктов и сигнализации превышения допустимых значений.

Для очистных сооружений взрывопожароопасных технологических объектов, имеющих в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности, а также для объектов, имеющих в своем составе блоки всех категорий при возможности залповых сбросов взрывопожароопасных продуктов в канализацию предусматриваются автоматические системы контроля и сигнализации. В остальных случаях на трубопроводах, предназначенных для спуска чистых производственных и загрязненных сточных вод, предусматривается устройство пробных кранов для организации аналитического контроля за содержанием взрывоопасных продуктов в стоках. Периодичность контроля выбирается с учетом конкретных условий производства, обеспечения эффективности этого контроля и регламентируется.

5.7.7 На выпусках сточных вод, содержащих ЛВЖ, ГЖ и ВВ, необходимо предусматривать колодцы с гидравлическими затворами. Гидравлические затворы устанавливаются на всех выпусках из производственных помещений, наружных установок, насосных, поддонов железнодорожных эстакад, обвалований резервуарных парков, до и после нефтеловушек. В обоснованных случаях допускается один гидравлический затвор на несколько объектов.

Гидравлические затворы необходимо устраивать также на линейной части канализационной сети, транспортирующей сточные воды с содержанием ЛВЖ, ГЖ и ВВ.

5.7.8 На выпусках канализации от резервуарных парков ЛВЖ, ГЖ и СУГ необходимо предусматривать колодцы с задвижками, закрытыми в нормальном положении. Открытие и закрытие задвижек должно осуществляться посредством колонок управления с поверхности земли.

При отсутствии возможности спуска ЛВЖ или ГЖ из поддонов (под оборудованием) и обвалований в систему канализации должна быть предусмотрена специальная емкость сбора, в обоснованных случаях откачка может производиться передвижными насосами.

5.7.9 Запрещается располагать колодцы на сетях канализации под эстакадами технологических трубопроводов и в пределах отбортовок наружных установок, содержащих взрывоопасные продукты.

5.7.10 Необходимо предусматривать естественную вытяжную вентиляцию канализационных трубопроводов в соответствии с ТКП 45-4.01-54, ТКП 45-4.01-56.

5.7.11 Канализационные сети необходимо периодически очищать от осадков. Обслуживание, ремонт и другие работы на сетях канализации, относящиеся к категории газоопасных, должны выполняться по специальному графику в соответствии с требованиями инструкции по безопасному ведению газоопасных работ.

5.7.12 Водоснабжение взрывопожароопасных технологических объектов в каждом конкретном случае предусматривается с учетом особенностей технологического процесса и исключения аварий и выбросов взрывопожароопасных продуктов в окружающую среду. Для технологических объектов, имеющих в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности в зависимости от конкретных условий проведения процесса могут предусматриваться резервные источники водоснабжения с системой их автоматического включения.

5.7.13 Водоснабжение технологических систем должно предусматриваться преимущественно с использованием замкнутой системы водооборота.

Для технологических объектов с блоками всех категорий взрывоопасности и технологических объектов с повышенными требованиями по теплосъему (аппараты с экзотермическими процессами и др.) оборотное водоснабжение предусматривается с использованием систем водоподготовки, исключающих снижение эффективности теплообмена и забивку теплообменной аппаратуры.

5.7.14 Для систем оборотного водоснабжения взрывоопасных производств, где в технологических процессах давление охлаждаемых сред выше давления охлаждающей воды и возможно попадание в воду горючих веществ, проектом предусматриваются методы и средства контроля их содержания на выходе из технологических установок и регламентируются.

5.7.15 Системы водоснабжения и канализации взрывопожароопасных производств должны находиться в технически исправном состоянии, их эксплуатацию следует осуществлять в соответствии с требованиями проектной документации, ТНПА, ЛНПА.

5.8 Молниезащита и заземление

5.8.1 Здания, сооружения, наружные установки или их части, технологическое оборудование, трубопроводы должны быть оборудованы устройствами молниезащиты и защиты от вторичных проявлений молнии в соответствии с требованиями ТКП 336 и других ТНПА. Технические решения по оборудованию зданий, сооружений, наружных установок или их частей, технологического оборудования, трубопроводов устройствами молниезащиты и защиты от вторичных проявлений молнии должны быть предусмотрены проектной организацией в составе проектной документации.

5.8.2 Устройства молниезащиты и защиты от вторичных проявлений молнии зданий, сооружений, наружных установок и их частей, технологического оборудования, трубопроводов должны находиться в технически исправном состоянии, соответствовать требованиям проектной документации и эксплуатироваться в соответствии с ТНПА.

5.8.3 Технологическое оборудование, трубопроводы, вентиляционное оборудование должны быть оснащены устройствами защиты от статического электричества в соответствии с требованиями ТНПА. Технические решения по оснащению технологического оборудования, трубопроводов, вентиляционного оборудования устройствами защиты от статического электричества должны быть предусмотрены проектной организацией в составе проектной документации.

5.8.4 Устройства защиты от статического электричества технологического оборудования, трубопроводов, вентиляционного оборудования должны находиться в технически исправном состоянии, соответствовать требованиям проектной документации и эксплуатироваться в соответствии с ТНПА.

5.9 Снабжение инертным газом

5.9.1 В составе предприятий следует, как правило, предусматривать необходимые мощности по выработке инертного газа, который может использоваться для технологических нужд (передавливание пожаро- и взрывоопасных сред, создание инертных «подушек»), для целей газового пожаротушения, для продувки и испытания на герметичность систем аппаратов и трубопроводов.

5.9.2 Для объектов, имеющих в своем составе установки со взрывопожароопасными средами, в качестве «инертного газа» рекомендуется применять азот. Применение диоксида углерода (углекислого газа) в качестве «инертного газ» допускается при соответствующем обосновании.

5.9.3 При использовании диоксида углерода необходимо учитывать физико-химические свойства газа, в том числе возможность образования твердых карбонатов в виде осадков и пылей, возможность образовывать «сухой лед» при быстром истечении (расширении). Кроме этого, необходимо учитывать возможность образования разрядов статического электричества при редуцировании диоксида углерода из баллонов и сосудов большого объема до давления ниже 0,5 МПа.

5.9.4 Для исключения недостатков диоксида углерода в качестве инертного газа может применяться его смесь с азотом.

5.9.5 Состав инертного газа, применяемого на предприятии в качестве флегматизатора и продувочного газа, должен регламентироваться и периодически контролироваться аналитическими методами. Потенциальную опасность могут вызвать примеси кислорода, масла, воды.

5.9.6 Инертный газ должен быть осушен до остаточной абсолютной влажности, исключающей выпадение влаги в трубопроводах в зимних условиях при его транспортировке и редуцировании из реципиента (емкости для хранения), а также допустимой по условиям технологии производства.

5.10 Системы связи и оповещения

5.10.1 Взрывопожароопасные технологические объекты оборудуются системами двусторонней громкоговорящей или радиосвязи и телефонной связи, а взаимосвязанные технологические объекты в необходимых случаях – сигнализацией о работе связанных между собой агрегатов. Двусторонняя громкоговорящая связь в обоснованных случаях предусматривается для технологических объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности с персоналом диспетчерских пунктов, штабом гражданской обороны (далее – ГО) промышленного объекта, службами ГСС, ДС МЧС, сливно-наливными пунктами, складами и насосными горючих, сжиженных и вредных продуктов. Перечень производственных подразделений, с которыми устанавливается связь, тип связи определяется разработчиком проекта в зависимости от особенностей технологического процесса, условий производства с учетом категории его взрывоопасности и других факторов.

5.10.2 Средства оповещения и связи для объектов с технологическими блоками I категории взрывоопасности, как правило, должны предусматривать применение микропроцессорной техники.

Информация, выдаваемая автоматической (или автоматизированной) системой обнаружения и оповещения об аварийных ситуациях, включая данные прогнозирования о путях возможного распространения взрывоопасного (или вредного химического) облака, должна передаваться в ГО промышленного объекта и диспетчеру предприятия, а также в вышестоящую систему управления.

5.10.3 В помещениях управления производствами, имеющими в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности, на наружных установках, в помещении диспетчера предприятия, штабе ГО промышленного объекта и ближайшего населенного пункта предусматривается установка постов управления и сирен для извещения об опасных выбросах химических веществ.

6 Эксплуатация взрывопожароопасных производств и объектов

6.1 Ведение технологических процессов

6.1.1 На каждое взрывопожароопасное производство на основании проекта должны быть разработаны и утверждены в установленном порядке технологический регламент и соответствующие инструкции (ЛНПА).

Порядок разработки технологических регламентов устанавливается в отраслевых документах, согласованных с Госпромнадзором.

Внесение изменений в технологическую схему, аппаратурное оформление, систему противоаварийной защиты действующих производств может быть произведено при наличии проектной документации, выполненной разработчиком технологического процесса, проектной организацией или организацией (предприятием), имеющей разрешение и/или лицензию на право проектирования взрывопожароопасных производств.

В случаях ликвидации (отсутствии ответа на обращения) разработчика проекта, разработчика процесса (инофирмы) внесение изменений в технологическую схему, аппаратурное оформление, систему противоаварийной защиты действующих взрывопожароопасных производств может осуществляться после внесения изменений в проектную и техническую документацию, согласованную с организацией, имеющей разрешение (лицензию) на право проектирования взрывопожароопасных производств.

Внесенные изменения не должны отрицательно влиять на работоспособность и безопасность всей технологической системы в целом.

Если такие изменения вносит организация, имеющая лицензию на своем предприятии, то разработанная документация утверждается руководством организации.

6.1.2 Проведение на взрывопожароопасных производствах научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по отработке новых технологических процессов или их отдельных стадий, испытанию головных образцов вновь разрабатываемого оборудования, опробованию опытных установок, опытных средств и систем автоматизации допускается по согласованию с Госпромнадзором при наличии проектной документации и заключения независимой экспертизы.

6.1.3 На каждом взрывопожароопасном производстве должен быть составлен перечень параметров, определяющих взрывоопасность процесса с указанием их предельно допустимых и критических значений, и организован анализ выдерживания этих параметров. Выдерживание параметров, определяющих взрывоопасность процесса, должно быть не ниже 99,5 %.

6.1.4 В пункте (в помещении) управления технологическими процессами (операторной и т. д.) взрывопожароопасного технологического объекта (цеха, установки и т. д.) схема технологического процесса должна быть размещена в границах рабочего места, доступном для персонала, или прилагаться к технологической инструкции по данному рабочему месту (нескольким рабочим местам).

На технологическом оборудовании, технических устройствах, запорной (запорно-регулирующей, отсечной) арматуре (клапанах) должны быть нанесены (обозначены) номера согласно технологической схеме, а на технологических трубопроводах – обозначения направления перемещения веществ.

На технологические трубопроводы должна быть нанесена опознавательная окраска в соответствии с требованиями ТНПА. На технологических объектах должны храниться схемы сечений технологических трубопроводов с указанием яруса расположения, диаметров трубопроводов и наименования транспортируемых веществ.

6.1.5 Отсекающие межблочные устройства перед каждым включением технологической системы (технологического блока) в работу по завершении планового остановочного ремонта, если проектом не предусмотрены другие сроки, должны проверяться на соответствие их быстродействия регламентированным значениям, результаты проверки должны быть оформлены документально.

6.1.6 При ведении теплообменных процессов с применением ВОТ должен быть установлен периодический контроль за показателями теплоносителя. Периодичность, способы контроля и допустимые значения показателей ВОТ должны быть определены в технологическом регламенте.

6.1.7 На сушильных установках, имеющих непосредственный контакт высушиваемого продукта с сушильным агентом, должны быть обеспечены очистка отработанного сушильного агента от пыли высушиваемого продукта и контроль за качеством очистки. Периодичность, способы очистки и контроля должны быть определены в технологическом регламенте.

6.1.8 При применении в технологических процессах катализаторов, которые при взаимодействии с кислородом воздуха и (или) водой могут самовозгораться и (или) взрываться, должен быть обеспечен контроль за их содержанием в исходных продуктах. Допустимые концентрации кислорода и влаги, способы и периодичность контроля должны быть определены в технологическом регламенте.

6.1.9 В реакционных процессах, протекающих с возможным образованием промежуточных перекисных соединений, побочных взрывоопасных продуктов осмоления и уплотнения (полимеризации, поликонденсации) и других нестабильных веществ с вероятным их отложением в аппаратуре и трубопроводах, в технологическом регламенте и инструкциях должны быть отражены способы и периодичность контроля за содержанием примесей в сырье, нестабильных соединений в реакционной массе промежуточных и конечных продуктов. Порядок вывода реакционной массы, содержащей опасные побочные вещества, режимы и время хранения продуктов должны быть определены в технологическом регламенте.

6.1.10 Способы и средства подачи инертных газов в технологические системы должны быть отражены в технологическом регламенте и инструкциях.

Не допускается эксплуатация взрывопожароопасных технологических объектов с неисправными или отключенными противоаварийными системами подачи инертных и ингибирующих веществ.

За состоянием систем подачи инертных и ингибирующих веществ должен быть обеспечен периодический контроль.

6.1.11 Если при отклонениях от заданных режимов технологического процесса не исключена возможность попадания в трубопроводы инертного газа взрывопожароопасных веществ, должен быть организован периодический контроль за наличием в инертном газе горючих примесей. Способы и периодичность контроля должны быть определены в технологическом регламенте и инструкциях.

6.1.12 Специальные системы аварийного освобождения должны обеспечивать регламентированное проектом время освобождения и находиться в постоянной готовности. В товарно-сырьевых и промежуточных парках (складах) хранения взрывопожароопасных и токсичных веществ должно находиться в постоянной готовности к приему на случай возникновения аварийной ситуации не менее одного порожнего резервуара (емкости) наибольшего объема для каждого наименования хранимого вещества. Специальные системы аварийного освобождения и вышеуказанные резервуары (емкости) не допускается использовать для других целей.

6.1.13 При работе всасывающих линий компрессоров под разрежением и отсутствии автоматического контроля за содержанием кислорода в горючем газе должен обеспечиваться периодический контроль.

Места отбора проб, способы и частота аналитического контроля должны быть определены в технологическом регламенте и инструкциях. В случае повышения содержания кислорода в горючем газе выше предельно допустимого значения в линию должен быть подан инертный газ и отключен привод компрессора для выяснения и устранения причин неисправности.

6.1.14 В технической документации, регламентирующей порядок останова и пуска технологического оборудования, должны быть определены способы продувки его инертным газом, при необходимости в соответствии с проектом, а также показатели и методы контроля за эффективностью продувки (по содержанию кислорода и (или) горючих веществ в отходящих газах).

6.1.15 В системах транспорта взрывопожароопасных веществ, где возможны отложения на внутренних поверхностях трубопроводов и аппаратов продуктов осмоления, полимеризации, поликонденсации и т. п., должна быть организована очистка от этих отложений. Методы и средства очистки от отложений, а также периодичность проведения этой операции принимаются в соответствии с проектом, условиями эксплуатации и должны быть отражены в технологическом регламенте и инструкциях.

6.1.16 В трубопроводах пневмотранспорта и самотечных линиях перемещения ЛВЖ, ГЖ и мелкодисперсных твердых горючих веществ должен быть обеспечен контроль за их движением и приняты меры, исключающие забивку трубопроводов.

6.1.17 Не допускается удаление горючей пыли с поверхности оборудования, трубопроводов, технических устройств, изделий, коммуникаций, строительных конструкций зданий, помещений, сооружений с помощью сжатого воздуха или другого сжатого газа, а также иными способами, приводящими к образованию взвешенных взрывоопасных пылевоздушных смесей.

6.1.18 На взрывопожароопасных технологических объектах должен быть организован контроль за наличием в негорючей жидкости, подлежащей сбросу в канализацию, а также в системах оборотного водоснабжения растворенных горючих примесей. Периодичность контроля и допустимое содержание горючих примесей должны быть определены в технологическом регламенте и инструкциях.

6.1.19 На стадиях процессов, связанных с применением твердых пылящих и дисперсных веществ, обслуживающий персонал в процессе эксплуатации осуществляет систематический контроль за исправностью и герметичностью технологического оборудования, вентиляционных систем, исправностью электротехнического оборудования, не допускает образования взрывоопасной концентрации пыли в атмосфере помещений (рабочей зоны), наружных установок, накопления ее на оборудовании, электротехнических устройствах и строительных конструкциях зданий и помещений, осуществляет контроль запыленности воздуха, не допускает действий, которые могут привести к возникновению запыленности воздушной среды рабочей зоны помещений зданий, наружных установок, территории, взрыва и пожара, а также соблюдает режим уборки пыли, предусмотренный в технологической документации, инструкциях структурных подразделений организации.

6.1.20 В опасных для производственного персонала потенциальных зонах разрушений (приложение В) должно быть ограничено пребывание людей и движение транспорта.

6.1.21 Оборудование, трубопроводы, технические устройства, выведенные из эксплуатации действующей технологической системы, должны быть демонтированы, если они расположены в одном помещении с технологическими блоками I и (или) II категорий взрывоопасности, во всех остальных случаях они должны быть изолированы от действующих систем путем видимого разрыва либо путем установки заглушек.

6.1.22 Технологические системы, оборудование, трубопроводы, технические устройства, коммуникации, в которых обращаются горючие продукты (газообразные, жидкие, твердые), способные образовывать взрывоопасные смеси с воздухом, должны быть герметичны и исключать создание опасных концентраций этих веществ в окружающей среде во всех режимах работы. Обслуживающий персонал в процессе эксплуатации осуществляет систематический контроль за их герметичностью, исправностью электротехнического оборудования, исправностью и работоспособностью вентиляционных систем, сигнализаторов ПДК и ДВК и их показаниями, не допускает действий, которые могут привести к возникновению загазованности воздушной среды рабочей зоны помещений зданий, наружных установок и территории, взрыва и пожара.

6.1.23 Техническая эксплуатация зданий и сооружений должна осуществляться в соответствии с требованиями ТКП 45-1.04-208, ТКП 45-1.04-78.

6.2 Эксплуатация систем контроля, управления и противоаварийной защиты, связи и оповещения

6.2.1 Запрещается ведение технологического процесса и эксплуатация оборудования при отсутствии, с неисправными или отключенными средствами контроля, автоматизации и противоаварийной защиты, предусмотренными проектом, технологическим регламентом и конструкцией оборудования, указанными в паспорте изготовителя, а также предусмотренными требованиями соответствующих ТНПА и настоящего технического кодекса.

6.2.2 При необходимости проведения ремонта или поверки для устранения неисправностей в системах регулирования, контроля, сигнализации, а также ПАЗ допускается кратковременное отключение отдельного параметра защиты по письменному распоряжению должностного лица. Перечень должностных лиц, имеющих право на выдачу разрешения по отключению средств защиты, определяется приказом по организации (предприятию). В распоряжении по отключению параметра защиты указывается время отключения и определяются меры по обеспечению безопасного ведения процесса.

Отключение предаварийной сигнализации при этом на технологических блоках I категории взрывоопасности не допускается, на технологических блоках II и III категорий возможность отключения регламентируется.

Порядок отключения средств защиты на взрывопожароопасных производствах и объектах уточняется в отраслевых документах.

6.2.3 На период замены элементов системы контроля или управления предусматриваются меры и средства, обеспечивающие безопасное проведение процесса в ручном режиме.

6.2.4 В организациях должен быть организован систематический контроль за исправным состоянием средств измерений и автоматизации систем управления и систем ПАЗ производств, имеющих в своем составе взрывопожароопасные технологические объекты.

6.2.5 Значения уставок систем защиты должны быть указаны в технологическом регламенте на основании проектной документации, где наряду со значением уставок указываются границы допустимых и критических (аварийных) значений параметров, влияющих на взрывоопасность процессов.

6.2.6 За правильностью эксплуатации систем контроля, оповещения и связи, управления и ПАЗ должен быть установлен контроль. Порядок проведения контроля определяется в технической документации и отраслевыми документами.

6.2.7 На приборах систем контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения, расположенных на щите управления, должны быть нанесены соответствующие надписи, четко отражающие их функциональное назначение и величины уставок защиты.

6.2.8 В технологическом регламенте и технологических инструкциях на основании проектной документации должны быть указаны стадии процесса или отдельные параметры, управление которыми в ручном режиме не допускается.

6.2.9 Возврат технологического объекта в рабочее состояние после срабатывания ПАЗ выполняется обслуживающим персоналом.

6.2.10 Исполнительные механизмы систем ПАЗ по параметрам, определяющим взрывоопасность процесса, на объектах с блоками I категории, кроме указателей крайних положений непосредственно на этих механизмах, должны иметь устройства, позволяющие выполнять сигнализацию их крайних

положений в помещении управления. Для систем ПАЗ объектов с блоками II – III категорий взрывоопасности должны быть определены средства и методы периодического контроля исправного состояния этих систем.

6.2.11 Периодичность проведения анализов качества сжатого воздуха на нужды КИПиА определяется в технологической документации.

6.2.12 Средства оповещения по внешнему оформлению должны отличаться от аналогичных средств промышленного использования, к ним должен быть исключен доступ посторонних лиц и возможность случайного использования. Сигнальные устройства систем оповещения должны пломбироваться.

6.2.13 Для технологических объектов с блоками I категории взрывоопасности в системах контроля, управления и ПАЗ запрещается использовать технические устройства, отработавшие свой срок службы. Эксплуатация устройств и других элементов с истекшим сроком службы допускается на блоках II и III категорий взрывоопасности при наличии заключения об их технической надежности в установленном порядке.

6.2.14 В местах размещения средств контроля, управления и ПАЗ, а также связи и оповещения должны быть исключены вибрация, загрязнение продуктами технологии, механические и другие вредные воздействия, влияющие на точность, надежность и быстродействие систем.

При этом предусматриваются меры и средства демонтажа систем и их элементов без разгерметизации оборудования и трубопроводов.

6.2.15 Запорная (регулирующая) арматура, исполнительные механизмы, участвующие в схемах контроля, управления и ПАЗ технологических процессов, после ремонта и перед установкой по месту должны проходить испытания на быстродействие, прочность и плотность закрытия с оформлением актов или с записью в паспорте, журнале.

6.3 Организация хранения и слива-налива сжиженных газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

6.3.1 Порядок хранения СГ, ЛВЖ и ГЖ, подготовки резервуаров (емкостей) к заполнению (освобождение от остатков ранее находившихся в них веществ, промывка, очистка, обезвреживание и т. п.), проведению работ по сливу-наливу, переключению (подсоединению) трубопроводов, арматуры, контроль за уровнем наполнения, концентрацией в них кислорода, а также за другими параметрами, определяющими взрывоопасность, должны быть отражены в проектной и технологической документации (технологическом регламенте), инструкциях.

6.3.2 При проведении маневровых работ по установке (подаче) железнодорожных вагонов-цистерн на сливно-наливные эстакады под слив-налив взрывопожароопасных веществ и уборке с них железнодорожных вагонов-цистерн должна быть обеспечена безопасность проведения этих операций. При сливе-наливе железнодорожных вагонов-цистерн должны быть приняты меры, предотвращающие возможность самопроизвольного их перемещения, разгерметизацию устройств слива-налива и выброса в атмосферу взрывопожароопасных веществ, а также исключающие наличие постоянных или случайных источников зажигания (механического, электрического и другого происхождения) в зоне возможной загазованности.

6.3.3 Запрещается использование железнодорожных цистерн с СГ, ЛВЖ и ГЖ, находящихся на железнодорожных путях, в качестве стационарных, складских (расходных) емкостей.

6.3.4 Железнодорожные вагоны-цистерны, предназначенные для налива и перевозки по железным дорогам СГ, ЛВЖ и ГЖ, должны быть оснащены арматурой, средствами контроля, сливно-наливными, защитными и другими устройствами с учетом физико-химических свойств перевозимых веществ, требований НПА, ТНПА, в том числе в области перевозок грузов (опасных грузов) железнодорожным транспортом.

6.3.5 В технологических инструкциях должны быть изложены способы и методы безопасного выполнения операций по аварийному освобождению неисправных железнодорожных вагонов-цистерн, резервуаров (емкостей).

6.3.6 Для исключения перелива железнодорожных вагонов-цистерн, автомобильных цистерн ЛВЖ, ГЖ в зависимости от их свойств должны использоваться надежные автоматические устройства.

6.3.7 Подключение железнодорожных вагонов-цистерн, автомобильных цистерн к технологическим трубопроводам на сливно-наливной эстакаде должно осуществляться с использованием устройств слива-налива, предусмотренных проектной документацией. Соединение рукавов для слива-налива с трубопроводами должно осуществляться с помощью стандартных разъемов или других надежных средств. Устройства для присоединения рукавов к вентилям железнодорожных вагонов-

цистерн должны отвечать требованиям ТНПА, конструкторской документации и не вызывать искрообразования. Выбор рукавов для слива-налива должен осуществляться с учетом свойств транспортируемого вещества и параметров проведения процесса. Периодичность испытания, срок службы рукавов для слива-налива устанавливается в соответствии с ТНПА.

6.3.8 При хранении СГ, ЛВЖ, ГЖ и проведении сливно-наливных операций стационарные и передвижные резервуары, емкости и устройства слива-налива следует использовать только для тех веществ, для которых они предназначены. Не допускается смешивание веществ на всех стадиях слива-налива. В необходимых случаях допускается заполнение порожних, специально подготовленных емкостей другими веществами, сходными по физико-химическим свойствам и показателям хранения с теми ЛВЖ, ГЖ, для которых они предназначены. В этих случаях должна исключаться возможность превышения допустимых для емкостей давлений.

6.3.9 Запрещается использовать наливные пункты для попеременного налива несовместимых между собой продуктов.

6.3.10 При подготовке к заполнению СГ, ЛВЖ, ГЖ стационарных и (или) передвижных резервуаров, емкостей после монтажа, ремонта, очистки и выполнения аналогичных работ, а также эксплуатации системы трубопроводов и коллекторов на сливно-наливных пунктах должны выполняться меры безопасности, предусмотренные проектной документацией, технологическим регламентом, инструкциями.

6.3.11 Слив и налив железнодорожных вагонов-цистерн допускается производить только после удаления локомотива с территории эстакады на расстояние не менее 50 м.

6.3.12 При приближении грозы операции по сливу-наливу СГ, ГГ, ЛВЖ, ГЖ на железнодорожных и автомобильных сливно-наливных эстакадах должны быть прекращены. Не допускается производить сливно-наливные операции во время грозы.

6.3.13 Не допускается производить заполнение резервуаров, емкостей, железнодорожных вагонов-цистерн, автомобильных цистерн СГ, ЛВЖ, ГЖ свободно падающей струей.

6.3.14 На железнодорожных и автомобильных сливно-наливных эстакадах должны быть приняты меры по защите от статического электричества в соответствии с [25].

6.3.15 Не допускается держать железнодорожные вагоны-цистерны, автомобильные цистерны, когда их слив-налив не производится, присоединенными к устройствам слива-налива. В случае перерыва при сливе-наливе СГ, ГГ, ЛВЖ, ГЖ, при приближении грозы и во время ее устройства слива-налива, в том числе рукава слива-налива, должны быть отсоединены от железнодорожного вагона-цистерны, автомобильной цистерны.

6.3.16 При проведении операций по сливу-наливу железнодорожных вагонов-цистерн, автомобильных цистерн наряду с настоящим техническим кодексом необходимо соблюдать требования безопасности, предусмотренные [26] – [29].

6.4 Техническое обслуживание и ремонт оборудования

6.4.1 К эксплуатации допускается оборудование, имеющее эксплуатационную документацию, паспорта изготовителя, сертификаты и прошедшее входной контроль.

6.4.2 Эксплуатация и техническое обслуживание оборудования должны отвечать требованиям паспортных данных, проекта, НПА и ТНПА и настоящего технического кодекса.

6.4.3 Для насосов и компрессоров должны определяться способы и периодичность контроля герметичности уплотняющих устройств и давления в них затворной жидкости.

В качестве затворной жидкости допускается использовать невзрывоопасные, инертные к перекачиваемой среде жидкости.

6.4.4 Оборудование, трубопроводы, не используемые в действующей технологической системе, должны быть изолированы от действующих систем путем видимого разрыва трубопроводов (коммуникаций), при невозможности обеспечения видимого разрыва – отглушены с использованием стандартных заглушек.

Температура наружных поверхностей оборудования и (или) кожухов теплоизоляционных покрытий не должна превышать 80 % от температуры самовоспламенения наиболее взрывопожароопасного продукта, а в местах, доступных для обслуживающего персонала, должна быть не более 45 °С внутри помещений и 60 °С на наружных установках.

6.4.5 Периодичность проверки (ревизии) разрывных предохранительных мембран, предохранительных клапанов, средств локализации пламени устанавливается на предприятии в зависимости от условий эксплуатации и места установки в соответствии с НПА и ТНПА.

6.4.6 Ревизия предохранительных клапанов проводится с периодичностью и в объемах, предусмотренных отраслевыми документами, а при отсутствии таких документов − в объемах, предусмотренных ЛНПА.

Сроки ревизии предохранительных клапанов допускается увеличивать для предохранительных клапанов:

– установленных на оборудовании непрерывных технологических процессов, межремонтный период которых установлен более одного года и рабочая среда не вызывает коррозию более 0,1 мм/год, забивку, полимеризацию, прикипание, примерзание клапанов в рабочем состоянии;

– перед которыми установлены предохранительные мембраны для защиты от воздействия рабочей среды (забивки, полимеризации, прикипания, примерзания).

На ревизию и ремонт предохранительных клапанов разрабатывается график, по результатам ревизии клапана и пружины составляется акт установленной формы, который хранится при его техническом паспорте (поставщика).

6.4.7 При наличии на аппаратах резервных предохранительных клапанов должна быть обеспечена возможность немедленного включения в работу клапана, находящегося в резерве.

6.4.8 Техническое освидетельствование сосудов, работающих под давлением, проводится в соответствии с требованиями [18]. В исключительных случаях при невозможности проведения пневматических испытаний инертной средой по согласованию с Госпромнадзором допускается испытание таких сосудов проводить рабочей средой.

6.4.9 Для разогрева (плавления) закристаллизовавшегося продукта запрещается применение открытого огня. Перед разогревом необходимо произвести надежное отключение обогреваемого участка от источника (источников) давления и смежных, связанных с ним технологически, участков систем транспорта (трубопроводов, аппаратов), а также принятие других мер, исключающих возможность динамического (гидравлического и т. п.) воздействия разогреваемой среды на смежные объекты (трубопроводы, аппаратуру) и их разрушение.

6.4.10 Технологические системы должны быть герметичными. В обоснованных случаях для оборудования, в котором по паспортным данным возможны регламентированные утечки горючих веществ, в технической документации указываются допустимые величины этих утечек в рабочем режиме, организуется их сбор и отвод. За выдерживанием допустимой величины утечек устанавливается контроль.

6.4.11 Порядок испытаний, контроля состояния теплообменных элементов технологического оборудования определяется в технической документации.

6.4.12 При проведении периодических работ по очистке технологического оборудования, как правило, должны использоваться средства (гидравлической, механической или химической чистки), исключающие пребывание людей в оборудовании.

6.4.13 При отсутствии на аппарате необходимого количества штуцеров для подачи воды, пара или инертного газа при подготовке оборудования к ремонту и пуске после ремонта допускается подсоединяться в подводящие к ним трубопроводы через штуцеры с устройством съемных участков.

6.4.14 Периодичность, методы и средства контроля допустимых уровней вибрации отдельных видов оборудования, его элементов (узлов и деталей), примыкающих трубопроводов определяются в технической документации и должны соответствовать требованиям паспортных данных и ТНПА.

6.4.15 Порядок контроля за степенью коррозийного износа оборудования и трубопроводов, способы, периодичность и места проведения контрольных замеров с использованием неразрушающих методов определяются в технической документации с учетом конкретных условий эксплуатации (для новых производств по результатам специальных исследований) и выполняются в соответствии с требованиями технической документации.

6.4.16 Для огнепреградителей и жидкостных предохранительных затворов предусматриваются меры, обеспечивающие надежность их работы в условиях эксплуатации, в том числе при возможности кристаллизации, полимеризации и замерзания веществ.

6.4.17 Эксплуатация оборудования, выработавшего установленный ресурс, допускается при получении в установленном порядке заключения о технической надежности и возможности его дальнейшей работы, при наличии данного требования в НПА (ТНПА) по соответствующим видам оборудования.

6.4.18 Порядок контроля за состоянием и периодичность замены всех элементов, обеспечивающих нормированные прочностные характеристики крепежных деталей и герметичность соединений, отражается в технической документации.

6.4.19 Качество изготовления технологического оборудования и трубопроводов должно соответствовать требованиям действующих технических документов, паспортным данным и сопровождаться сертификатом.

6.4.20 Монтаж технологического оборудования и трубопроводов должен производиться в соответствии с проектом, требованиями строительных норм и правил, ТНПА и других документов.

Оборудование и трубопроводы, материалы и комплектующие изделия не могут быть допущены к монтажу при отсутствии документов, подтверждающих качество их изготовления и соответствие требованиям ТНПА.

6.4.21 Сварные швы на трубопроводах I категории при монтаже подвергаются 100%-ному контролю неразрушающими методами. При ремонте трубопроводов I категории с применением сварки контролю неразрушающими методами подвергаются все сварные швы, выполненные при проведении ремонтных работ.

6.4.22 Порядок организации и проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования с учетом конкретных условий эксплуатации оборудования определяется соответствующими положениями (системами) по техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования.

6.4.23 В процессе ремонта основного оборудования технологических блоков всех категорий взрывоопасности проводятся соответствующие виды контроля с применением наиболее эффективных средств диагностики и испытания. Результаты контроля и испытаний отражаются в соответствующих исполнительных документах. При положительных результатах индивидуального испытания (обкатки) оборудования и при соответствии исполнительной документации нормативным требованиям производится оценка качества ремонта по каждой единице оборудования и приемка его в эксплуатацию.

6.4.24 Оценка качества ремонта оборудования (кроме технического обслуживания и текущего ремонта) определяется заказчиком и исполнителем ремонта с участием работника технического надзора предприятия и указывается в акте на сдачу оборудования из ремонта.

6.4.25 Отремонтированное оборудование допускается к эксплуатации, если в процессе ремонта соблюдены все требования технических документов, показатели технических параметров (разрешенное давление в аппарате, производительность и напор компрессора или насоса и т. д.) и показатели надежности соответствуют паспортным данным и обеспечивается установленный для данного оборудования режим работы.

6.4.26 Завершенный остановочным (внеплановым) ремонтом объект (цех, установка и др.) должен быть сдан по акту на приемку из остановочного ремонта производственных объектов комиссии, назначенной приказом руководителя организации, и может быть допущен к эксплуатации только после тщательной проверки сборки технологической схемы, снятия заглушек, проверки состояния заглушек, установленных на длительный срок, проверки полноты разборки временных электрических схем со снятием напряжения с временных источников электроснабжения (системы питания и т. д.), испытания систем на герметичность, проверки работоспособности систем сигнализации, управления и ПАЗ, эффективности и времени срабатывания междублочных отключающих (отсекающих) устройств, наличия и исправного состояния средств локализации пламени и предохранительных устройств, соответствия установленного электрооборудования требованиям ПУЭ, исправного состояния и требуемой эффективности работы вентиляционных систем, исправного состояния сигнализаторов ДВК (ПДК) контроля взрывопожароопасных и вредных веществ в воздухе рабочей зоны производственных помещений и наружных установок, исправного состояния технических средств противопожарной защиты (наружного и внутреннего противопожарного водопровода, установок пожарной автоматики (автоматических установок пожаротушения, установок пожарной (охранно-пожарной) сигнализации), стационарных установок пожаротушения (сухотрубов, систем паротушения, систем тушения инертным газом и т. д.)), систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей в зданиях, наличия и исправного состояния первичных средств пожаротушения, устройств связи, наличия и укомплектованности шкафов с аварийным запасом инструмента и средств индивидуальной защиты, оформленных соответствующими актами проверок, ревизий и испытаний.

Комиссией также должны быть проверены:

– полнота и качество исполнительной ремонтной документации;

– внесение необходимых изменений и дополнений в технологический регламент, технологическую схему, рабочие, технологические инструкции, инструкции по охране труда;

– состояние территории объекта (цеха, установки) и рабочих мест;

– инструктаж (проверка знаний) обслуживающего персонала и другие требования, предусмотренные НПА, ТНПА.

Акт на приемку из остановочного ремонта объекта (цеха, установки и т. д.), разрешающий его пуск в эксплуатацию, должен быть утвержден руководителем организации.

6.4.27 Газоопасные работы, связанные с подготовкой оборудования к ремонту и проведением ремонта, должны производиться в соответствии с требованиями [30].

6.4.28 Ремонтные работы с применением открытого огня должны производиться в соответствии с [31].

6.4.29 Сеть для подключения сварочных аппаратов нормально должна быть обесточена. Подача напряжения в сеть для подключения сварочного электрооборудования и непосредственно подключение сварочного электрооборудования выполняются в соответствии с требованиями [23], ТКП 181 и других НПА и ТНПА по электробезопасности.

6.4.30 Устройства для подключения передвижного и переносного электрооборудования размещаются вне взрывоопасных зон. Уровень взрывозащиты такого электрооборудования должен соответствовать классу взрывоопасной зоны.

6.4.31 Ремонт взрывозащищенного электрооборудования должен осуществляться в соответствии с требованиями [32], ГОСТ 30852.18, ТКП 181.

6.5 Охрана труда

6.5.1 Безопасность персонала обеспечивается:

– выполнением общих требований по охране труда [33] – [36];

– соблюдением требований безопасности при эксплуатации отдельных видов оборудования, технических устройств, предусмотренных в НПА и ТНПА;

– соблюдением трудовой и технологической дисциплины;

– соблюдением требований ЛНПА по охране труда, пожарной и промышленной безопасности, электробезопасности, гигиене труда и производственной санитарии;

– соблюдением специфических требований безопасности, обеспечивающих защиту работников от травмирования при возникновении аварий, инцидентов на взрывопожароопасном технологическом объекте.

6.5.2 Перед допуском к выполнению работ на взрывопожароопасном технологическом объекте работники сторонних организаций (сторонних структурных подразделений организации) проходят первичный инструктаж по охране труда на рабочем месте в соответствии с [7].

При проведении первичного инструктажа вышеуказанные работники должны быть ознакомлены с опасностями и рисками взрывопожароопасного технологического объекта с разъяснением их действий в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Требования, запреты и ограничения действий персонала сторонних организаций, направленные на обеспечение безаварийной работы объекта, устанавливаются эксплуатирующей организацией в договоре подряда и (или) в нарядах-допусках, проектах производства работ и т. п.

6.5.3 Работники взрывопожарных технологических объектов должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, в том числе органов дыхания, с учетом опасностей и рисков при возникновении инцидентов и аварий в соответствии с НПА, ТНПА, ЛНПА.

6.5.4 Руководитель организации должен организовать контроль за применением работниками средств индивидуальной защиты.

6.5.5 Работники взрывопожароопасных технологических объектов организации, в том числе работники сторонних организаций (сторонних структурных подразделений организации), осуществляющие производство работ на взрывопожароопасных технологических объектах организации, должны работать и находиться в специальной одежде и специальной обуви, не допускающих накопление статического электричества и искрообразование.

6.5.6 При выполнении работ на взрывопожарных производствах необходимо применять инструмент, не дающий искру при ударе. Передвижные электрооборудование, светильники, инструмент и другое оборудование, применяемое во взрывопожароопасных производствах и объектах, должны иметь взрывобезопасное исполнение в соответствии с [23].

6.5.7 Персонал при нахождении во взрывоопасной зоне может пользоваться средствами радиосвязи и мобильными телефонами только во взрывозащищенном исполнении. Средства связи в обычном исполнении перед входом во взрывоопасную зону должны быть выключены.

6.5.8 При обнаружении пропуска жидкостей во фланцевых соединениях, течи жидкости вследствие неисправности оборудования или трубопроводов необходимо немедленно устранить неисправности и убрать пролитые продукты. Проливы ГЖ засыпаются песком, который затем убирается в специально отведенное место в металлический ящик с крышкой. Пролитые и просыпанные токсичные вещества необходимо немедленно обезвредить и удалить в соответствии с требованиями ЛНПА.

6.5.9 В производственных помещениях, где возможны воспламенение одежды или химические ожоги, должны быть предусмотрены аварийные души и раковины самопомощи или ванны с водой.

6.6 Локализация и ликвидация последствий аварий

6.6.1 Для каждого взрывопожароопасного производства, подконтрольного Госпромнадзору, должны быть разработаны ПЛА, которые являются одним из приложений (или разделов) планов предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций организаций, в соответствии с требованиями НПА и ТНПА.

Разработка ПЛА, подготовка персонала и аварийно-спасательных служб должны осуществляться на основании НПА и ТНПА.

В планах локализации и ликвидации последствий аварий определяются порядок оповещения производственного персонала и гражданского населения (для уровня В) об аварийной ситуации и ответственность за поддержание в состоянии готовности технических средств и соответствующих служб и ликвидацию угрозы химического поражения.

6.6.2 Разработанные ПЛА должны находиться у руководителя и диспетчера организации, в аварийно-спасательной службе. ПЛА производства, установки, цеха, отделения, участка должен находиться у начальника производства, установки, цеха, отделения, участка и начальника смены. Оперативные части ПЛА, разработанные с учетом технологических и других специфических особенностей объекта, должны находиться на соответствующих рабочих местах и в иных местах, предусмотренных ЛНПА.

6.6.3 ПЛА не реже чем один раз в 5 лет пересматривается и уточняется в случаях изменений в технологии, аппаратурном оформлении, метрологическом обеспечении и технологических процессах, а также после аварии.

Внесенные в ПЛА изменения и дополнения должны быть изучены руководителями, специалистами и производственным персоналом организации, личным составом аварийно-спасательной службы. После обучения в установленном порядке должен быть проведен внеочередной инструктаж.

В течение года в цехах, на участках, в отделениях, на установках в каждой смене по возможным аварийным ситуациям, предусмотренным оперативной частью ПЛА, должны проводиться учебно-тренировочные занятия согласно графику, утвержденному руководителем организации.

6.6.4 Не реже одного раза в год по одной или нескольким позициям оперативной части ПЛА в цехах должны проводиться в разные периоды года и в разное время суток учебные тревоги.

6.6.5 Знания ПЛА проверяются квалификационной (экзаменационной) комиссией организации при допуске рабочих и руководящих работников и специалистов к самостоятельной работе, при периодической проверке знаний, а также во время учебных тревог и учебно-тренировочных занятий.

Внеочередная проверка знаний ПЛА проводится при внесении изменений в ПЛА, при переводе работников организации на другое рабочее место, в случае их неквалифицированных действий при проведении учебной тревоги.

Предусмотренные ПЛА технические и материальные средства для осуществления мероприятий по спасению людей, локализации и ликвидации аварийных ситуаций не должны использоваться для других целей.

6.6.6 Ответственность за своевременное и качественное проведение учебно-тренировочных занятий и учебных тревог, оформление необходимой документации возлагается на руководителя организации.

6.6.7 Для организаций, имеющих в своем составе производства с технологическими блоками I категории взрывоопасности, при обосновании – с блоками других категорий, в которых обращаются пары и газы токсических веществ I и II классов опасности, проектом предусматривается организация газоспасательной службы.

Численный состав газоспасательной службы устанавливается с учетом количества опасных объектов их расположения, отдаленности и т. п.

Организация работы и оснащение службы средствами для локализации и ликвидации аварийных ситуаций осуществляется в соответствии с приказом по организации (предприятию).

7 Требования к отдельным типовым технологическим процессам

7.1 Перемещение материальных сред

7.1.1 Допустимые значения скоростей, давлений, температур перемещаемых горючих продуктов должны устанавливаться разработчиком процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации с учетом взрывоопасных характеристик, физико-химических свойств транспортируемых веществ.

7.1.2 При перемещении ГГ и паров по трубопроводам должны предусматриваться меры, исключающие конденсацию перемещаемых сред или обеспечивающие надежное и безопасное удаление жидкости из транспортной системы, а также кристаллизацию, полимеризацию, поликонденсацию горючих продуктов в трубопроводах, резервуарах, емкостях, аппаратах и других технических устройствах.

7.1.3 Для насосов и компрессоров (группы насосов и компрессоров), перемещающих ЛВЖ, ГЖ, СУГ, должно предусматриваться их дистанционное отключение.

7.1.4 Вопрос установки на линиях всаса и нагнетания насосов и компрессоров, запорных или отсекающих устройств с дистанционным управлением, дистанционного отключения участков трубопроводов со взрывоопасными продуктами, тип арматуры и места ее установки решается при проектировании в каждом конкретном случае в зависимости от диаметра, протяженности трубопровода и характеристики транспортируемых сред.

7.1.5 Для компримирования и перемещения ГГ следует предусматривать преимущественно центробежные компрессоры, в обоснованных случаях допускается применение поршневых или других типов компрессоров.

7.1.6 Выбор конструкции и конструкционных материалов, уплотнительных устройств для насосов и компрессоров должен осуществляться в зависимости от свойств перемещаемой среды и требований технических документов.

Для насосов и компрессоров необходимо определять способы и средства контроля герметичности уплотняющих устройств и давления в них затворной жидкости.

7.1.7 Для отделения жидкой фазы от перемещаемой газовой среды на всасывающей линии компрессора должен устанавливаться сепаратор. Сепаратор оснащается приборами контроля уровня, сигнализацией по максимальному уровню и средствами автоматизации, обеспечивающими удаление жидкости из него при достижении регламентированного уровня, блокировками отключения компрессора при превышении предельно допустимого значения уровня.

7.1.8 Всасывающие линии компрессоров, как правило, должны находиться под избыточным давлением. При работе этих линий под разрежением необходимо предусматривать контроль за содержанием кислорода в ГГ, а также подачу инертного газа в эти линии в случае повышения содержания кислорода в горючем газе выше предельно допустимого значения и отключение привода компрессора.

За содержанием кислорода в ГГ, как правило, необходимо предусматривать автоматический контроль, в обоснованных случаях – периодический. Места отбора проб, способы и периодичность аналитического контроля должны определяться и регламентироваться разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации.

7.1.9 В системах транспорта горючих веществ, где возможны отложения на внутренних поверхностях трубопроводов и аппаратов продуктов осмоления, полимеризации, поликонденсации и т.п., разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны предусматриваться эффективные и безопасные методы и средства очистки от этих отложений, а также устанавливаться периодичность проведения этой операции.

7.1.10 В трубопроводах пневмотранспорта, линиях перемещения ГЖ и мелкодисперсных твердых горючих продуктов разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны предусматриваться способы контроля за движением продукта и разрабатываться меры, исключающие забивку трубопроводов.

7.1.11 Для насосов, предназначенных для нагнетания СУГ, ЛВЖ и ГЖ, при разработке процесса должны предусматриваться меры, обеспечивающие пуск и работу насосов с перемещаемой жидкостью в корпусе. При невозможности выполнения таких мер насосы следует оснащать предупредительной сигнализацией и блокировкой по недопущению их пуска и остановке при отсутствии в корпусе перемещаемой жидкости.

Насосы необходимо оснащать сигнализацией о нарушении параметров работы, влияющих на безопасность. Необходимые меры безопасности устанавливаются изготовителем насосов или разрабатываются проектной организацией на основании документации изготовителя.

7.1.12 Для погружных насосов должны предусматриваться дополнительные средства блокирования, исключающие их пуск и работу при токовой перегрузке электродвигателей привода и прекращении подачи инертного газа в аппараты, где эти насосы установлены, если по условиям эксплуатации насосов необходима подача инертного газа.

7.1.13 Для исключения опасных отклонений технологического процесса, вызываемых остановкой насоса (насосов), разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны разрабатываться меры по повышению надежности систем подачи СУГ, ЛВЖ, ГЖ другими способами.

7.1.14 В системах транспорта жидких продуктов, в которых возможно образование локальных объемов парогазовых смесей, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны предусматриваться средства для удаления скопившихся газов и паров в закрытые системы.

7.1.15 Перемещение СУГ, ЛВЖ, ГЖ методом передавливания необходимо предусматривать с помощью инертных газов; допускается передавливание СУГ производить собственной газовой фазой, а для ЛВЖ и ГЖ при соответствующем обосновании – ГГ, инертными к перемещаемой среде.

7.1.16 Перемещение твердых горючих материалов должно осуществляться способами, исключающими образование взрывоопасных смесей, предотвращающими возникновение взрыва внутри оборудования и коммуникаций. Способы, обеспечивающие безопасное перемещение твердых горючих веществ, должны быть отражены разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации.

При использовании инертного газа для транспортировки или флегматизации проектом должны предусматриваться способы и средства контроля за содержанием кислорода в системе, а также меры, прекращающие перемещение при достижении предельно допустимой концентрации кислорода.

7.1.17 При необходимости перемещения мелкодисперсных горючих материалов с возможностью образования в оборудовании взрывоопасных смесей разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры, предотвращающие распространение пламени в системе.

7.1.18 Системы перемещения мелкодисперсных твердых горючих материалов следует оснащать блокировками, прекращающими подачу в них продуктов при достижении верхнего предельного уровня этих материалов в приемных аппаратах или при прекращении процесса выгрузки из них.

7.2 Разделение материальных сред

7.2.1 Технологические процессы разделения химических продуктов (горючих или их смесей с негорючими) должны проводиться вне области взрываемости. При этом разработчиком технологического процесса в технологической документации должны быть предусмотрены меры, предотвращающие образование взрывоопасных смесей на всех стадиях процесса. Степень разделения сред и меры взрывобезопасности должны регламентироваться разработчиком технологического процесса.

7.2.2 При разделении горючих паров (газов) и жидкостей должны предусматриваться средства автоматического контроля и регулирования уровня раздела фаз. Вопросы применения средств контроля и регулирования раздела фаз должны определяться разработчиком технологического процесса и проектной организацией на стадии разработки процесса и проектирования производства.

7.2.3 Емкостную аппаратуру разделения горючих и негорючих жидких продуктов необходимо оснащать закрытыми системами дренирования, исключающими поступление в окружающую среду горючих паров.

7.2.4 При наличии в негорючей жидкости, подлежащей сбросу в канализацию, растворенных ГГ разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть разработаны технические решения по их выделению и контролю содержания растворенных ГГ. Периодичность контроля и допустимое содержание ГГ в негорючей жидкости должны быть регламентированы разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации.

7.2.5 Системы разделения газожидкостных смесей следует оснащать фазоразделителями, предотвращающими попадание газовой фазы в жидкость и унос жидкости с парогазовой фазой.

7.2.6 Оборудование для разделения суспензий, в том числе центрифуги, оснащаются блокировками, исключающими пуск и работу агрегатов без подачи в них инертного газа. При этом предусматриваются меры, предотвращающие выброс горючих продуктов в производственное помещение и в окружающую среду по прекращению подачи суспензии.

7.2.7 Для технологических процессов разделения горючих аэрозолей (газ – твердая фаза) в фильтрах (электрофильтрах) и циклонах разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие взрывобезопасность процессов (в том числе автоматический контроль за разрежением в этих аппаратах, а при необходимости – автоматический контроль за содержанием кислорода в исходной аэрозоли или в отходящей газовой фазе), а также меры по исключению возникновения опасных значений напряженности электростатического поля.

7.2.8 Для аппаратов разделения аэрозолей разработчиком технологического процесса и проектной организацией в технологической и проектной документации должны быть предусмотрены надежные и эффективные меры по предотвращению образования отложений твердой фазы на внутренних

поверхностях этих аппаратов или их удаление (антиадгезионные покрытия, механические встряхиватели, вибраторы, введение добавок и т. п.). Периодичность и безопасные способы проведения операций по удалению отложений (обеспыливанию) должны быть регламентированы разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации.

7.3 Массообменные процессы

7.3.1 При разработке и проведении массообменных процессов, в которых при отклонениях технологических параметров от регламентированных значений возможно образование неустойчивых взрывоопасных соединений, для объектов с технологическими блоками I и II категорий взрывоопасности должны предусматриваться средства автоматического регулирования этих параметров.

Для объектов с технологическими блоками III категории взрывоопасности допускается выполнение операций регулирования вручную (производственным персоналом) при обеспечении автоматического контроля указанных параметров процесса и сигнализации о превышении их допустимых значений.

7.3.2 В колоннах, работающих под разрежением, в которых обращаются вещества, способные образовывать с кислородом воздуха взрывоопасные смеси, предусматривается автоматический контроль за содержанием кислорода в парогазовой фазе. Для объектов с технологическими блоками III категории взрывоопасности допускается предусматривать методы и средства периодического контроля; периодичность и способы контроля регламентируются.

Для колонн, работающих под вакуумом, должны предусматриваться:

– блокировка по остановке вакуумной системы при падении до предельно допустимого значения вакуума и автоматическая подача в колонну для технологических блоков I и II категорий инертного газа, для III категории допускается ручное управление;

– исключение источников инициирования взрыва;

– автоматический контроль за содержанием кислорода в парогазовой фазе, если по расчетным данным в колонне в рабочем режиме (до падения вакуума) возможно образование взрывоопасной смеси обращающихся продуктов с кислородом воздуха.

7.3.3 Колонны ректификации ГЖ оснащаются средствами контроля и автоматического регулирования уровня и температуры жидкости в кубовой части, температуры поступающих на разделение продукта и флегмы, а также средствами сигнализации об опасных отклонениях значений параметров, определяющих взрывобезопасность процесса, и при необходимости перепада давления между нижней и верхней частями колонны.

7.3.4 В тех случаях, когда прекращение поступления флегмы в колонну ректификации может привести к опасным отклонениям параметров процесса, предусматриваются меры, обеспечивающие непрерывность подачи флегмы.

7.3.5 При проведении процессов адсорбции и десорбции предусматриваются меры по исключению самовозгорания поглотителя, а также по оснащению адсорберов средствами автоматического контроля за очагами самовозгорания и устройствами для их тушения.

7.4 Процессы смешивания

7.4.1 Методы и режимы смешивания горючих продуктов, конструкция оборудования и перемешивающих устройств должны обеспечивать эффективное перемешивание этих продуктов и исключать возможность образования застойных зон, а для случаев перемешивания, сопровождающихся протеканием экзотермических процессов, должна быть исключена возможность образования локальных зон перегрева смеси, развития самоускорения процесса.

7.4.2 При разработке и проектировании технологических стадий непрерывных процессов смешивания веществ, взаимодействие которых может привести к развитию неуправляемых экзотермических реакций, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть определены безопасные объемные скорости дозирования этих веществ, предусмотрены эффективные методы отвода тепла, средства автоматического контроля, регулирования процессов, противоаварийной защиты и сигнализации.

В периодических процессах смешивания при возможности развития самоускоряющихся экзотермических реакций для исключения их неуправляемого течения разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть регламентированы последовательность и допустимые количества загружаемых в аппаратуру веществ, скорость загрузки (поступления) реагентов.

7.4.3 При разработке и проектировании технологических стадий смешивания горючих продуктов, а также горючих продуктов с окислителями разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должно быть предусмотрено автоматическое или автоматизированное регулирование соотношения компонентов перед смесителями, а для парогазовых сред – дополнительно регулирование давления.

7.4.4 При разработке и проектировании технологических стадий смешивания горючих парогазовых сред с окислителем разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должен быть предусмотрен автоматический контроль его содержания в материальных потоках на выходе из смесителя или других параметров технологического процесса, определяющих соотношение компонентов в системе, и средства противоаварийной защиты, прекращающие поступление компонентов на смешивание при отклонении концентраций окислителя от регламентированных значений.

7.4.5 В технологических блоках I категории взрывоопасности контроль состава смеси и регулирование соотношения горючих веществ с окислителем, а также содержания окислителя в материальных потоках после смешивания должны осуществляться автоматически.

7.4.6 Подводящие к смесителям коммуникации следует оснащать обратными клапанами или другими устройствами, исключающими (при отклонениях от регламентированных параметров процесса) поступление обратным ходом в эти коммуникации подаваемых на смешивание горючих веществ, окислителей или смесей.

Если попадание реакционной смеси в подводящие коммуникации исключается условиями проведения процесса, установка вышеуказанных устройств не обязательна.

7.4.7 Измельчение, смешивание измельченных твердых горючих продуктов для исключения образования в системе взрывоопасных смесей необходимо осуществлять в среде инертного газа.

Оборудование для измельчения и смешивания должно оснащаться средствами контроля за давлением подаваемого инертного газа, сигнализацией об отклонении его давления от регламентированных значений и автоматическими блокировками, не допускающими пуск в работу оборудования без предварительной подачи инертного газа или обеспечивающими остановку этого оборудования при прекращении поступления в него инертного газа.

7.5 Теплообменные процессы

7.5.1 Организация теплообмена, выбор теплоносителя (хладагента) и его параметров должны быть предусмотрены разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации и должны осуществляться с учетом физико-химических свойств нагреваемого (охлаждаемого) материала в целях обеспечения необходимой теплопередачи, исключения возможности перегрева и разложения продукта.

7.5.2 В теплообменном процессе не допускается применение теплоносителей, образующих при химическом взаимодействии взрывоопасные продукты.

7.5.3 При разработке и проектировании процессов с передачей тепла через стенку разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены методы и средства контроля и сигнализации о взаимном проникновении теплоносителя и технологического продукта в случае, если это может привести к образованию взрывоопасной среды.

7.5.4 При возможности снижения уровня нагреваемой горючей жидкости в аппаратуре и оголении поверхности теплообмена, что может привести к перегреву, высушиванию и разложению горючего продукта или развитию неуправляемых процессов, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены средства контроля и регулирования процесса, а также блокировки, прекращающие подачу греющего агента на случай понижения уровня горючего нагреваемого продукта ниже допустимого значения.

7.5.5 В поверхностных теплообменниках давление негорючих теплоносителей (хладагентов) должно, как правило, превышать давление нагреваемых (охлаждаемых) горючих веществ. В случаях невозможности выполнения этого требования разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должен быть предусмотрен контроль за содержанием горючих веществ в негорючем теплоносителе.

Для изолирования печей с открытым огневым процессом от газовой среды при авариях на наружных установках или в зданиях печи должны быть оборудованы паровой завесой, включающейся автоматически и (или) дистанционно. При включении завесы должна срабатывать сигнализация.

7.5.6 Температура теплоносителей, применяемых в процессах нагрева горючих веществ, должна быть ниже температуры самовоспламенения горючих веществ и поддерживаться системой автоматики.

7.5.7 В теплообменных процессах, в том числе и реакционных, в которых при отклонениях технологических параметров от регламентированных возможно развитие неуправляемых, самоускоряющихся экзотермических реакций, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены средства, предотвращающие их развитие.

7.5.8 При разработке и проектировании теплообменных процессов, при ведении которых возможны кристаллизация продукта или образование кристаллогидратов, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены ввод реагентов, предотвращающих образование этих продуктов, а также применение других мер, обеспечивающих непрерывность, надежность проведения технологических процессов и их взрывобезопасность.

7.5.9 При разработке и проектировании теплообменных процессов с огневым обогревом разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры и средства, исключающие возможность образования взрывоопасных смесей в нагреваемых элементах, топочном пространстве и рабочей зоне печи.

Для изолирования печей с открытым огневым процессом от газовой среды при авариях на наружных установках или в зданиях печи должны быть оборудованы паровой завесой, включающейся автоматически и (или) дистанционно. При включении завесы должна срабатывать сигнализация.

7.5.10 В составе технологической и проектной документации разработчиком технологического процесса и проектной организацией для противоаварийной защиты топочного пространства нагревательных печей должно быть предусмотрено оснащение:

– системами регулирования заданного соотношения топлива, воздуха и водяного пара;

– блокировками, прекращающими поступление газообразного топлива и воздуха при снижении их давления ниже установленных параметров;

– средствами сигнализации о прекращении поступления топлива и воздуха при принудительной подаче в топочное пространство;

– средствами контроля за уровнем тяги и автоматического прекращения подачи топливного газа в зону горения при остановке дымососа или недопустимом снижении разрежения в печи, а при компоновке печных агрегатов с котлами-утилизаторами – системами по переводу работы агрегатов без дымососов;

– средствами подачи в топочное пространство веществ, исключающих возможность взрыва;

– блокировками по прекращению поступления топливного газа при отрыве по погасанию пламени.

7.5.11 В части противоаварийной защиты нагреваемых элементов (змеевиков) нагревательных печей в составе технологической и проектной документации разработчиком технологического процесса и проектной организацией должны быть предусмотрены:

– аварийное освобождение змеевиков печи от нагреваемого жидкого продукта при повреждении труб или прекращении его циркуляции;

– блокировки по отключению подачи топлива при прекращении подачи сырья;

– средства дистанционного отключения подачи сырья и топлива в случаях аварий в системах змеевиков;

– средства сигнализации о падении давления (расхода) в системах подачи сырья.

7.5.12 Топливный газ для нагревательных печей должен соответствовать регламентированным требованиям по содержанию в нем жидкой фазы, влаги и механических примесей. Регламентированные требования должны быть установлены разработчиком технологического процесса в технологической документации.

Разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены средства, исключающие наличие жидкости и механических примесей в топливном газе, поступающем на горелки.

7.5.13 При организации теплообменных процессов с применением ВОТ (ароматических масел и других веществ) разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены системы удаления летучих продуктов, образующихся в результате частичного их разложения.

7.5.14 При разработке и проектировании стадий проведения процесса сушки в атмосфере инертного газа разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должен быть предусмотрен автоматический контроль за содержанием кислорода в инертном газе на входе и (или) выходе из сушилки (в зависимости от особенностей процесса). На случай возможного превышения допустимой концентрации кислорода разработчиком

технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должна быть предусмотрены автоматическая блокировка по остановке процесса сушки и разработаны другие меры, исключающие возможность образования взрывоопасных смесей в аппаратуре.

7.5.15 Сушильный агент и режимы сушки должны выбираться разработчиком технологического процесса и предусматриваться в составе технологической документации с учетом взрывопожароопасных свойств высушиваемого материала, теплоносителя и возможности снижения взрывоопасности блока.

7.5.16 В сушильных агрегатах разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры, исключающие поступление взрывоопасной смеси из сушилки в нагревательное устройство обратным ходом.

7.5.17 При обоснованной необходимости проведения процесса сушки в газовоздушной среде разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры взрывопредупреждения процесса и взрывозащиты оборудования:

– оснащение устройствами, исключающими искрообразование фрикционного (удар, трение) и электрического происхождения;

– режим сушки должен исключать местные перегревы, образование застойных зон, увеличение времени нахождения высушиваемого материала в области высоких температур и отложение продукта на стенках сушильных камер;

– распылительные сушилки должны оснащаться средствами автоматического отключения подачи высушиваемого материала и сушильного агента при прекращении поступления одного из них;

– для предупреждения термодеструкции и (или) загорания горючих продуктов сушильные агрегаты оснащаются средствами автоматического регулирования температур высушиваемого материала и сушильного агента, а также блокировками, исключающими возможность повышения этих температур выше допустимых значений (отключение подачи сушильного агента, включение подачи хладагента и т. д.);

– подача хладагента (холодного газа, воды и т. п.) должна осуществляться автоматически или дистанционно при достижении температуры высушиваемого материала выше допустимых значений.

7.5.18 При проведении процессов сушки горючих веществ под вакуумом перед пуском сушилки в работу, а также при ее остановке разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должна быть предусмотрена подача в рабочее пространство инертного газа (продувка сушилки инертным газом). Порядок и продолжительность подачи инертного газа должны быть определены и регламентированы разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации с учетом конкретных условий проведения технологического процесса. При невозможности подачи инертного газа необходимо исключить источники воспламенения. Сушильные агрегаты в этом случае необходимо дополнительно оснащать системами автоматизации, исключающими возможность включения их обогрева при отсутствии или снижении вакуума в рабочем пространстве ниже допустимого.

7.5.19 Изготовителем и проектной организацией в составе эксплуатационной и проектной документации должно быть предусмотрено оснащение сушильных агрегатов для сушки горючих веществ техническими средствами противопожарной защиты в соответствии с ТНПА.

7.5.20 В составе технологической и проектной документации разработчиком технологического процесса и проектной организацией должно быть предусмотрено оснащение сушильных установок, имеющих непосредственный контакт высушиваемого продукта с сушильным агентом, устройствами очистки отработанного сушильного агента от пыли высушиваемого продукта и средствами контроля очистки.

7.6 Химические реакционные процессы

7.6.1 При разработке и проектировании реакционных процессов, протекающих с возможным образованием промежуточных перекисных соединений, побочных взрывоопасных продуктов осмоления и уплотнения (полимеризации, поликонденсации) и других нестабильных веществ с вероятным их отложением в аппаратуре и трубопроводах, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены:

– контроль за содержанием в поступающем сырье примесей, способствующих образованию взрывоопасных веществ, а также за наличием в промежуточных продуктах нестабильных соединений и обеспечением заданного режима;

– ввод ингибиторов, исключающих образование в аппаратуре опасных концентраций нестабильных веществ;

– выполнение особых требований, предъявляемых к качеству применяемых конструкционных материалов и чистоте обработки поверхностей аппаратов, трубопроводов, арматуры, датчиков приборов, контактирующих с обращающимися в процессе продуктами;

– непрерывная циркуляция продуктов, сырья в емкостной аппаратуре для предотвращения или снижения возможности отложения твердых взрывоопасных нестабильных продуктов;

– вывод обогащенной опасными компонентами реакционной массы из аппаратуры;

– обеспечение режимов и времени хранения продуктов, способных полимеризоваться или осмоляться, включая сроки их транспортировки.

7.6.2 При возможности отложения твердых продуктов на внутренних поверхностях оборудования и трубопроводов, их забивки, в том числе и устройств аварийного слива из технологических систем, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены контроль за наличием этих отложений и меры по их безопасному удалению, а в необходимых случаях предусмотрено резервное оборудование.

7.6.3 При применении катализаторов, в том числе металлоорганических, которые при взаимодействии с кислородом воздуха и (или) водой могут самовозгораться и (или) взрываться, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены меры, исключающие возможность подачи в систему сырья, материалов и инертного газа, содержащих кислород и (или) влагу в количествах, превышающих предельно допустимые значения.

7.6.4 В составе технологической и проектной документации разработчиком технологического процесса и проектной организацией в реакционных процессах должны быть предусмотрены преимущественно автоматическая дозировка компонентов и ее осуществление в последовательности, исключающей возможность образования внутри аппаратуры взрывоопасных смесей или неуправляемого хода реакций.

7.6.5 Для исключения возможности перегрева участвующих в процессе веществ, их самовоспламенения или термического разложения с образованием взрывопожароопасных продуктов в результате контакта с нагретыми элементами аппаратуры разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть определены и регламентированы температурные режимы, оптимальные скорости перемещения продуктов (предельно допустимое время пребывания их в зоне высоких температур) и другие меры.

7.6.6 Использование остаточного давления среды в реакторе периодического действия для передавливания реакционной массы в другой аппарат допускается в отдельных обоснованных случаях. Обоснование должно быть изложено разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации.

7.6.7 В части аппаратуры жидкофазных процессов разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должно быть предусмотрено оснащение системами контроля и регулирования в ней уровня жидкости и (или) средствами автоматического отключения подачи этой жидкости в аппаратуру при превышении заданного уровня или другими средствами, исключающими возможность перелива.

7.6.8 В части реакционных аппаратов взрывоопасных технологических процессов с перемешивающими устройствами разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должно быть предусмотрено их оснащение, как правило, средствами автоматического контроля за надежной работой и герметичностью уплотнений валов мешалок, а также блокировками, предотвращающими возможность загрузки в аппаратуру продуктов при неработающих перемешивающих устройствах в тех случаях, когда это требуется по условиям ведения процесса и обеспечения безопасности.

7.6.9 В части реакционной аппаратуры, в которой отвод избыточного тепла реакции при теплопередаче через стенку осуществляется за счет испарения охлаждающей жидкости (хладагента), разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должно быть предусмотрено их оснащение средствами автоматического контроля, регулирования и сигнализации уровня хладагента в теплообменных элементах.

7.6.10 В системах охлаждения реакционной аппаратуры с СУГ разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены:

– обеспечение температуры хладагента (температуры кипения СУГ) поддержанием равновесного давления, значение которого должно регулироваться автоматически;

– меры по автоматическому освобождению (сливу) хладагента из теплообменных элементов реакционной аппаратуры, а также меры, исключающие возможность повышения давления выше допустимого в системах охлаждения при внезапном ее отключении.

7.6.11 При разработке и проектировании реакционных процессов получения или применении продуктов, характеризующихся высокой взрывоопасностью (ацетилена, этилена при высоких параметрах, пероксидных, металлоорганических соединений и других), склонных к термическому разложению или самопроизвольной спонтанной полимеризации, саморазогреву, а также способных самовоспламеняться или взрываться при взаимодействии с водой и воздухом, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены дополнительные специальные меры безопасности с учетом этих свойств.

7.6.12 Разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены места, средства и безопасные методы отбора проб.

7.6.13 Для образующихся в процессе производства отходов разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть определены и регламентированы способы их обработки, утилизации или уничтожения.

7.7 Хранение и выполнение операций слива-налива сжиженных углеводородных газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей

7.7.1 Проектирование складов СУГ, ЛВЖ и ГЖ, а также сливно-наливных станций (эстакад, пунктов), резервуаров (емкостей) для хранения и проведения сливно-наливных операций с СУГ, ЛВЖ и ГЖ должно осуществляться в соответствии с требованиями НПА, ТНПА, в том числе в области архитектуры и строительства, охраны труда, пожарной и промышленной безопасности, производственной санитарии, охраны окружающей среды, а также настоящего технического кодекса.

7.7.2 Порядок выполнения технологических операций по хранению и перемещению СУГ, ЛВЖ и ГЖ, заполнению и опорожнению передвижных и стационарных резервуаров, емкостей, выбор параметров процесса, значения которых определяют взрывобезопасность выполнения этих работ (давление, скорости перемещения, предельно допустимые максимальные и минимальные уровни, способы снятия вакуума и т. п.), должны приниматься и устанавливаться с учетом физико-химических свойств горючих продуктов разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации.

7.7.3 Для резервуаров, емкостей и сливно-наливных пунктов СУГ, ЛВЖ и ГЖ разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены средства контроля и управления опасными параметрами процесса.

Резервуары, емкости для хранения СУГ, ЛВЖ, ГЖ должны оснащаться приборами замера уровня, сигнализацией максимального заполнения и блокировкой по отключению насоса при достижении в них предельного уровня заполнения.

7.7.4 При хранении СУГ, ЛВЖ, ГЖ и проведении сливно-наливных операций стационарные и передвижные резервуары (сосуды) и сливно-наливные устройства следует использовать только для тех продуктов, для которых они предназначены. Разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены специальные меры, исключающие возможность смешивания продуктов при хранении и на всех стадиях выполнения операций слива-налива.

В необходимых случаях допускается заполнение порожних специально подготовленных емкостей другими продуктами, сходными по физико-химическим характеристикам и показателям хранения с теми жидкими горючими продуктами, для которых они предназначены. В этих случаях должна исключаться возможность превышения допустимых для емкости давлений. Порядок подготовки емкостей к заполнению определяется разработчиком проекта и должен предусматривать освобождение от остатков ранее находившихся в них продуктов (промывка, очистка, обезвреживание емкостей и т. п.) и проведение работ по переключению (подсоединению) трубопроводов, арматуры.

7.7.5 При хранении СУГ, ЛВЖ, ГЖ и проведении сливно-наливных операций с веществами, способными в условиях хранения к образованию побочных нестабильных соединений, накоплению примесей, повышающих взрывоопасность основного продукта, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены и регламентированы меры, исключающие возможность или уменьшающие скорость образования и накопления примесей и побочных соединений, а также контроль за их содержанием в трубопроводах, стационарных, передвижных резервуарах и другом оборудовании и способы своевременного их удаления.

7.7.6 Порядок подготовки к заполнению СУГ, ЛВЖ, ГЖ стационарных и (или) передвижных резервуаров, емкостей после монтажа, ремонта, технического обслуживания, диагностирования, очистки и выполнения аналогичных работ должен определяться разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации и предусматривать меры, исключающие возможность взрыва в этом оборудовании, контроль за параметрами, определяющими взрывоопасность.

7.7.7 Вместимость стационарных резервуаров (емкостей) СУГ, хранящихся под давлением, должна устанавливаться разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации с учетом требований НПА, ТНПА, энергетических показателей взрывоопасности и конкретных условий.

При необходимости применения единичных емкостей, имеющих $Q_в$ > 50, как правило, должны предусматриваться изотермические или комбинированные методы хранения.

7.7.8 Резервуары с СГ, ЛВЖ и ГЖ для освобождения в аварийных случаях оснащаются быстродействующей отключающей арматурой с дистанционным управлением из мест, доступных для обслуживания в аварийных условиях. Быстродействие отключающей арматуры определяется в соответствии с требованиями 5.1.9.

7.7.9 Конструкция резервуаров с плавающими крышами (понтонами), порядок проведения операций по их наполнению, освобождению, система отбора продукта должны исключать местные перегревы, искрообразование за счет трения перемещаемых деталей и их возможных соударений, а при неисправностях крыш (понтонов) предотвращать их разрушение и возможные взрывы в резервуарах.

7.7.10 Проведение технологических операций по сливу-наливу СУГ, ЛВЖ и ГЖ в железнодорожные цистерны и танки-контейнеры должно осуществляться на специальных сливно-наливных станциях (эстакадах, пунктах). Для каждого вида наливаемого продукта, когда недопустимо его смешивание с другими продуктами, разработчиком технологического процесса и проектной организацией в составе технологической и проектной документации должны быть предусмотрены самостоятельные сливно-наливные станции (эстакады, пункты) или отдельные устройства налива на этих станциях (эстакадах, пунктах).

Запрещается использовать наливные пункты для попеременного налива несовместимых между собой продуктов.

Налив и слив ЛВЖ и ГЖ должен осуществляться закрытым способом.

Налив и слив СУГ и ЛВЖ производится под давлением, ЛВЖ и ГЖ, относящихся к вредным веществам 1-го и 2-го классов опасности по ГОСТ 12.1.007, должен быть герметичным.

7.7.11 Для исключения перелива цистерн проектом в зависимости от свойств горючих веществ проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены надежные, как правило, автоматические устройства.

При автоматическом прекращении налива продуктов в железнодорожные цистерны с целью исключения гидравлических ударов в трубопроводах и наливных устройствах следует предусматривать байпасирование насоса налива. На байпасе насоса следует устанавливать регулирующий клапан, который должен открываться при увеличении давления наливаемого продукта в напорном коллекторе перед железнодорожной сливно-наливной эстакадой.

7.7.12 При проведении операций слива-налива СУГ, ЛВЖ и ГЖ насосами проектной организацией в составе проектной документации должно быть предусмотрено их дистанционное отключение.

Отключающие устройства должны быть расположены в легкодоступных и удобных для эксплуатации и обслуживания этих устройств местах и выбираться с учетом требований по обеспечению безопасности.

7.7.13 Трубопроводы, по которым поступают на эстакаду налива СУГ, ЛВЖ и ГЖ, оснащаются быстродействующими запорными устройствами или задвижками с дистанционным управлением для отключения этих трубопроводов в случае возникновения инцидента (аварии, пожара, взрыва) на эстакаде.

7.7.14 Для безопасного проведения операций налива (слива) СУГ, низкокипящих ЛВЖ, ГЖ (с температурой кипения ниже температуры окружающей среды) в вагоны-цистерны (из вагонов-цистерн) проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены меры, исключающие возможность парообразования в трубопроводах, кавитации, гидравлических ударов и других явлений, способных привести к механическому разрушению элементов системы слива-налива.

7.7.15 Для сливно-наливных станций (эстакад, пунктов) проектной организацией в составе проектной документации должно быть предусмотрено обеспечение возможности подключения системы слива-налива к установкам организованного сбора и утилизации парогазовой фазы при необходимости освобождения системы от этих продуктов.

Для исключения образования взрывоопасных смесей в системах трубопроводов и коллекторов проектной организацией в составе проектной документации должны быть предусмотрены подвод к ним инертного газа и пара, а также возможность полного и надежного удаления из этих систем горючих веществ.

7.7.16 В сливно-наливных системах должны применяться устройства, изготовленные из материалов, стойких к перекачиваемым средам.

7.7.17 При проведении сливно-наливных операций должны предусматриваться меры защиты от атмосферного и статического электричества.

7.7.18 Порядок установки (подачи) железнодорожных цистерн под слив-налив горючих продуктов должен обеспечивать безопасность проведения этих операций в соответствии с ТНПА и НПА.

При сливе-наливе железнодорожных цистерн должны предусматриваться меры, предотвращающие возможность самопроизвольного перемещения находящихся под наливом цистерн, разгерметизации наливных устройств и выброса в атмосферу горючих продуктов, а также исключающие наличие постоянных или случайных источников зажигания (механического, электрического и другого происхождения) в зоне возможной загазованности.

7.7.19 Не допускается размещать под железнодорожными путями промежуточные резервуары (емкости) сливно-наливных устройств (кроме сливных емкостей для нефтепродуктов с температурой вспышки выше 120 °С и мазутов).

7.7.20 На сливно-наливных эстакадах лестницы должны быть из негорючих материалов в торцах, а также по длине эстакад на расстоянии друг от друга не более 100 м. Лестницы должны иметь ширину не менее 0,7 м и уклон не более 1 : 1.

Лестницы и эстакады должны иметь ограждения высотой не менее 1 м.

7.7.21 Для безопасного проведения операций налива СУГ, ЛВЖ, ГЖ скорость налива продукта не должна превышать максимальную безопасную скорость налива, которая зависит от свойств наливаемого продукта, диаметра трубопровода наливного устройства и свойств материалов его стенок и не должна превышать следующие пределы:

– для продуктов с удельным объемным электрическим сопротивлением не более 10^5 Ом·м – до 10 м/с;

– для продуктов с удельным объемным электрическим сопротивлением не более 10^9 Ом·м – до 5 м/с;

– для продуктов с удельным объемным электрическим сопротивлением более 10^9 Ом·м допустимые скорости истечения и транспортировки устанавливаются для каждого продукта отдельно, заведомо безопасной скоростью движения и истечения этих продуктов являются 1, 2 м/с при диаметрах трубопроводов до 200 мм.

Требования данного пункта следует рассматривать совместно с требованиями [24].

Ограничение максимальной скорости налива СУГ, ЛВЖ, ГЖ до безопасных пределов следует обеспечивать перепуском части продукта во всасывающий трубопровод насоса. Автоматическое регулирование расхода перепускаемого продукта необходимо производить по поддержанию постоянного давления в напорном трубопроводе подачи продукта на железнодорожную сливно-наливную эстакаду.

7.7.22 Для слива-налива СУГ должны проектироваться самостоятельные сливно-наливные железнодорожные эстакады. Налив и слив СУГ совместно с ЛВЖ и ГЖ не допускается.

На эстакадах для слива и налива СУГ разрешается производить налив и слив нормального пентана, изопентана и других аналогичных жидкостей, перевозимых в специальных герметичных цистернах. При этом для каждого сливаемого или наливаемого продукта сливно-наливные коллектора должны быть раздельными.

7.7.23 Для сливно-наливных железнодорожных эстакад СУГ и ЛВЖ, транспортируемых под давлением, должна предусматриваться эстакада для осмотра и подготовки цистерн под налив, на которой производится проверка исправности и герметичности предохранительной, сливно-наливной и контрольной арматуры, также наличие остаточного давления неиспаряющихся остатков в цистерне.

Эстакада подготовки цистерн СУГ под налив должна быть оборудована коллекторами инертного газа и водяного пара, а также дренажным коллектором.

7.7.24 Сливно-наливные эстакады СУГ и ЛВЖ, транспортируемых под давлением, должны быть оборудованы факельным коллектором, коллекторами инертного газа и водяного пара, а также самостоятельными коллекторами газоуравнительных систем для каждого вида сливаемого или наливаемого СУГ. Коллектор водяного пара может не предусматриваться при обосновании технологической части проекта.

7.7.25 Подвод инертного газа или пара к трубопроводам для продувки или пропарки необходимо производить с помощью съемных участков трубопроводов или гибких шлангов с установкой запорной арматуры с обеих сторон съемного участка.

По окончании продувки эти участки трубопроводов или шланги должны быть сняты, а на запорной арматуре установлены заглушки.

7.7.26 На эстакадах для налива ЛВЖ, ГЖ и СУГ приборы замера давления и температуры необходимо устанавливать на общем коллекторе подачи продукта на наливные устройства перед входом на эстакаду с выносом показаний на щит оператора.

7.7.27 На сливно-наливных железнодорожных эстакадах ЛВЖ, ГЖ и СУГ должны устанавливаться автоматические сигнализаторы довзрывных концентраций. Один датчик сигнализатора довзрывных концентраций следует устанавливать на две цистерны на нулевой отметке вдоль каждого фронта налива и слива.

При двухстороннем фронте налива или слива датчики должны располагаться в «шахматном» порядке.

При достижении 20 % от НКПВ на территории установки должен подаваться предупредительный световой сигнал в операторную (диспетчерскую) и звуковой в места установки датчиков. При достижении 50 % от НКПВ должен подаваться аварийный светозвуковой сигнал в операторную (диспетчерскую) и звуковой в места установки датчиков с автоматической остановкой насосов и прекращением операций по наливу.

Сигнализаторы довзрывных концентраций должны быть во взрывозащищенном исполнении, соответствующем категориям и группам взрывоопасных смесей.

Срабатывание сигнализаторов загазованности должно сопровождаться автоматической световой и звуковой сигнализацией в места постоянного пребывания дежурного эксплуатационного персонала.

Приложение А
(обязательное)

Общие принципы количественной оценки взрывоопасности технологических блоков

А.1 Сокращения, принятые в приложении:
ПГФ – парогазовая фаза;
ЖФ – жидкая фаза;
СГ – сжиженный газ;
АР – аварийная разгерметизация;
АРБ – аварийная разгерметизация блока.

Примечание – Обозначение параметра-символа одним штрихом соответствует парогазовым состояниям среды, двумя штрихами – жидким средам, например G' и G" – соответственно масса ПГФ и ЖФ.

А.2 Обозначения, принятые в приложении, приведены в таблице А.1

Таблица А.1

Обозначение	Наименование	Единица измерения
E	Общий энергетический потенциал взрывоопасности (полная энергия сгорания ПГФ, поступившей в окружающую среду при АР)	кДж
E'_1	Энергия сгорания ПГФ, непосредственно имеющейся в аппарате	кДж
E'_2	Энергия сгорания ПГФ, поступающей к месту разгерметизации от смежных аппаратов и трубопроводов	кДж
E''_i	Энергия сгорания ПГФ, образующейся при АР из ЖФ, имеющейся в аппарате и поступающей в него от смежных аппаратов и трубопроводов	кДж
A	Энергия сжатой ПГФ, содержащейся непосредственно в аппарате или трубопроводе, для которого рассматривается аварийная ситуация	кДж
V', V''	Геометрические объемы ПГФ и ЖФ в аппарате	$м^3$
V'_0	Объем ПГФ, приведенный к нормальным условиям (T_0 = 273 К, P_0 = 0,1 МПа)	$м^3$
P, P_0	Регламентированное абсолютное давление в аппарате и абсолютное атмосферное давление	Па
T_0, T'	Абсолютная нормальная (273 К) и абсолютная регламентированная температура ПГФ	К
T''	Регламентированная абсолютная температура ЖФ	К
$T''_к$	Температура кипения ЖФ	К
$T_а$	Температура окружающей среды	К
w', w''	Скорость истечения ПГФ и ЖФ в рассматриваемый блок из смежных блоков	м/с
S_i	Площадь сечения, через которое возможно истечение ПГФ или ЖФ при АРБ	$м^2$
$П_р$	Тепловая мощность экзотермической реакции	кВт (кДж/с)
$П_t$	Тепловая мощность внешних теплоносителей	кВт (кДж/с)
r	Удельная теплота испарения ЖФ	кДж/кг
c''	Удельная теплоемкость жидкой фазы	кДж/(кг·К)
k	Показатель адиабаты ПГФ	–
β	Коэффициент расхода, учитывающий гидродинамику потока ЖФ	–
ρ'_0	Плотность ПГФ при нормальных условиях (P_0 = 0,1 МПа и T_0 = 273 К) в среднем по блоку и по i-м, поступающим в него при АРБ потокам	$кг/м^3$
v'	Удельный объем ПГФ (при реальных условиях)	$м^3/кг$

Окончание таблицы А.1

Обозначение	Наименование	Единица измерения
ρ''_i	Плотность ЖФ i-го потока при регламентированных значениях ведения технологического процесса	кг/м^3
τ	Время с момента АР до полного срабатывания отключающей аварийный блок арматуры	с
τ_p	Время с момента АР до полного прекращения экзотермических процессов	с
τ_t	Время с момента АРБ до полного прекращения подачи теплоносителя к аварийному аппарату (прекращение теплообменного процесса)	с
q', q''	Удельная теплота сгорания соответственно ПГФ и ЖФ	кДж/кг
G_1',	Масса ПГФ, выделяющейся в окружающую среду из аварийного аппарата (при полной разгерметизации)	кг
G_{1i}'	Масса ПГФ, поступивших к месту аварии от смежных объектов (аппаратов)	кг
G_1''	Масса ЖФ, имеющейся в рассматриваемом аппарате до его разгерметизации	кг
G_{1i}''	Масса ЖФ, поступивших к месту аварии от смежных объектов (аппаратов)	кг
G_2''	Масса ЖФ, испарившейся за счет энергии перегрева и поступившей в окружающую среду при АР	кг
G''_3	Масса неиспарившейся жидкости, оставшейся в аварийном блоке и поступившей в окружающую среду (пролив на твердую поверхность)	кг
G''_4	Масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока от твердой поверхности (пола, поддона, обвалования и т. п.)	кг
G''_5	Масса ЖФ, испарившейся с поверхности за счет диффузионных процессов	кг
$F_ж$	Площадь поверхности зеркала жидкости	м^2
$F_п$	Площадь контакта жидкости с твердой поверхностью розлива (площадь теплообмена между пролитой жидкостью и твердой поверхностью)	м^2
ε	Коэффициент тепловой активности поверхности (поддона)	кДж/(м^2·К·с$^{1/2}$)
λ	Коэффициент теплопроводности материала твердой поверхности (пола, поддона, земли и т. п.)	Вт/(м·К)
c_t	Удельная теплоемкость материала твердой поверхности	кДж/(кг·К)
ρ_t	Плотность материала твердой поверхности	кг/м^3
m_u	Интенсивность испарения	
M	Молекулярная масса	кг/кмоль
R	Газовая постоянная ПГФ	кДж/(кмоль·К)
η	Безразмерный коэффициент	–
$P_н$	Давление насыщенного пара при расчетной температуре	кПа
τ_u	Время контакта жидкости с поверхностью пролива, принимаемое в расчет	с

А.3 Определение значений энергетических показателей взрывоопасности технологического блока

А.3.1 Общий энергетический потенциал взрывоопасности технологического блока определяется энергией полного сгорания парогазовой фазы, которая может поступить в окружающую среду из аварийного аппарата или участка трубопровода, с учетом величины работы ее адиабатического расширения, а также величины энергии полного сгорания парогазовой фазы, образующейся из испарившейся жидкости за счет внутренней и внешней энергий.

А.3.2 При анализе опасности технологических блоков должен выполняться анализ различных вариантов аварийных ситуаций, связанных с полной разгерметизацией одного из аппаратов или участка трубопровода между аппаратами. В качестве окончательного варианта выбирается тот, при котором будут максимальные последствия – максимальное количество опасных веществ, попавших в окружающую среду. При этом считается:

а) при аварийной ситуации происходит полное раскрытие (разрушение) аппарата или участка трубопровода;

б) через места разгерметизации происходит утечка веществ из трубопроводов прямого и обратного потоков от смежного оборудования в течение времени, необходимого для отключения их запорной арматурой;

в) площадь пролива жидкости определяется исходя из конструктивных решений зданий или площадки наружной установки;

г) параметры технологических сред и расходы потоков соответствуют максимальным регламентированным значениям;

д) время отключения технологических потоков должно приниматься в соответствии с техническими характеристиками запорной арматуры и способом управления (вручную по месту размещения арматуры, дистанционно из операторной, автоматически по алгоритму системы ПАЗ);

е) при отсутствии данных допускается расчетное время отключения технологических трубопроводов принимать равным:

– времени срабатывания системы автоматики отключения трубопроводов согласно паспортным данным установки, если вероятность отказа системы автоматики не превышает 0,000001 в год или обеспечено резервирование ее элементов;

– 120 с, если вероятность отказа системы автоматики превышает 0,000001 в год и не обеспечено резервирование ее элементов;

– 300 с при ручном отключении;

ж) длительность испарения жидкости с поверхности пролива принимается равной времени ее полного испарения, но не более 3600 с. При наличии средств для отвода проливов в безопасное место (аварийная емкость) время испарения принимается равным времени полного слива. Для проливов жидкости до 20 кг время испарения допускается принимать равным 900 с;

з) допускается использование показателей пожаровзрывоопасности для смесей веществ и материалов по наиболее опасному компоненту.

Основная цель при разделении на технологические блоки – ограничение массы выбросов горючих и токсичных веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации на технологическом аппарате путем отключения (изолирования) места разгерметизации. В качестве отключающих устройств используется быстродействующая отсекающая арматура, как правило, с автоматическим и (или) дистанционным управлением из мест с постоянным пребыванием персонала (операторная). При разделении технологической схемы на блоки необходимо учитывать особенности процесса и аппаратурного оформления, т. е. отключение места разгерметизации не должно приводить к последствиям, при которых будут нарушены нормы технологического режима в смежных аппаратах. Например, закрытие быстродействующей арматуры на нагнетании насоса до его остановки может привести к гидравлическому удару, при котором давление может превысить расчетное давление трубопровода. Прекращение «питания» или «орошения» ректификационной колонны до отключения подачи теплоносителя в испаритель приведет к значительному увеличению ПГФ. Алгоритм аварийной остановки технологических блоков при авариях должен выполняться при моделировании технологических процессов и учитываться при разделении на технологические блоки.

Разделение технологической схемы на блоки рекомендуется выполнять по типам технологических процессов. Основные типы технологических процессов, как правило, представлены следующими «типовыми» схемами:

а) физические процессы – ректификация, сепарация, абсорбция, десорбция, нагрев, охлаждение;

б) химические (реакционные) процессы;

в) сбор и хранение сырья, полупродуктов и продуктов.

При компоновке технологического блока необходимо определить центр блока (основной аппарат), по которому будут приниматься технологические параметры.

При выборе центра блока необходимо учитывать, что на величину энергетического потенциала технологического блока в большей степени оказывают влияние такие параметры, как:

а) наличие и количество парогазовой среды;

б) количество жидкой фазы;

в) физико-химические свойства веществ, присутствующих в блоке (теплота сгорания, летучесть);

г) параметры технологического процесса (давление, температура).

В идеальном случае разделение на технологические блоки должно быть по каждому аппарату.

Однако в большинстве случаев в технологических системах со сложными материальными и энергетическими связями такое разделение невозможно. Группировка оборудования в один блок должна осуществляться с учетом анализа изменения (увеличения) энергетического потенциала. Например, группировка вместе с ректификационной колонной конденсатора паров, сборника флегмы, подогревателя сырьевого потока, как правило, не влияет на энергетический потенциал технологического блока. С учетом анализа типовых установок при группировке оборудования могут быть использованы следующие рекомендации:

1) включение в состав блока с основным аппаратом ректификационной колонной вспомогательных аппаратов – конденсаторов, подогревателей и т. п. не оказывает влияния на величину энергетического потенциала;

2) включение в состав блока аппаратов с меньшим потенциалом, например печь нагрева сырья перед реактором, не оказывает влияния на величину энергетического потенциала, за исключением печей, у которых относительный энергетический потенциал более 37;

3) последовательные теплообменники нецелесообразно разделять на отдельные блоки, так как они практически являются частью трубопроводной обвязки. Исключение составляют кожухотрубчатые испарители, имеющие значительный объем межтрубного пространства;

4) необходимо разделять трубное и межтрубное пространство теплообменного оборудования, в том числе и трубчатых печей, так как технологические среды разделены перегородками, исключающими смешивание при нормальной эксплуатации;

5) в качестве границ блока могут быть приняты насосы и компрессоры, так как их остановка позволяет отключить технологический поток от смежного блока к аварийному;

6) емкости со сжиженными газами рекомендуется рассматривать как самостоятельный блок, так как они обладают повышенной опасностью из-за нахождения ЖФ в состоянии перегрева;

7) не следует включать в общий технологический блок оборудование, между которым нет технологических связей;

8) межцеховые коммуникации (трубопроводы) не являются технологическим блоком и не должны включаться в состав технологических блоков;

9) в резервуарных парках, в том числе и для хранения сжиженных газов, допускается группировать в один технологический блок резервуары (емкости), размещенные в общем ограждении (поддоне), при условии, что исключена возможность одновременного заполнения или опорожнения нескольких резервуаров (емкостей).

А.3.3 Общий энергетический потенциал взрывоопасности технологического блока определяется по следующей формуле:

$$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_2'' + E_3'' + E_4''. \qquad (А.3.1)$$

А.3.4 Сумма энергий адиабатического расширения A(кДж) и сгорания ПГФ определяется по следующей формуле:

$$E_1' = G_1'q' + A. \qquad (А.3.2)$$

А.3.4.1 Масса ПГФ, выделяющейся в окружающую среду из аварийного аппарата (трубопровода), определяется по следующей формуле:

$$G_1' = V_0'\rho_0', \qquad (А.3.3)$$

где $V_0' = \frac{P}{P_0}\frac{V'}{T_1}T$; (А.3.4)

$$T = T_1\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}; \qquad (A.3.5)$$

$$\rho_0' = \rho\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{1}{k}}. \qquad (A.3.6)$$

Для многокомпонентных сред значения массы и объема определяются с учетом процентного содержания и физических свойств продуктов, составляющих эту смесь.

А.3.4.2 Энергия адиабатического расширения ПГФ, содержащейся в аппарате (трубопроводе), определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{1}{k-1}PV'\left[1-\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]. \qquad (A.3.7)$$

Примечания

1 Значения величин P и P_0 в килопаскалях.

2 При избыточных значениях P < 0,07 МПа и PV' < 0,02 МПа·м^3 энергию адиабатического расширения ПГФ малых ее значений в расчет можно не учитывать.

А.4 Энергия сгорания ПГФ (E_2'), поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), определяется по следующей формуле:

$$E_2' = \sum_{i=1}^{n} G_i' g_i'. \qquad (A.3.8)$$

А.4.1 Для i-го потока масса ПГФ, поступивших к месту аварии от смежных объектов (аппаратов), определяется по следующей формуле:

$$G_i' = \rho_i'\beta w_i' S_i' \tau_i, \qquad (A.3.9)$$

где скорость истечения ПГФ при $\frac{P_0}{P} \geq \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ определяется по следующей формуле:

$$w_i' = \sqrt{\frac{2k}{k-1}P_i v_i'\left[1-\left(\frac{P_0}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}. \qquad (A.3.10)$$

При $\frac{P_0}{P} < \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$ скорость истечения газа будет равна скорости звука в данной среде, которая определяется по следующей формуле:

$$w' = 91{,}5 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot T}{M}}. \qquad (A.3.11)$$

А.4.2 Для ситуаций, когда в смежном оборудовании находится сжиженный газ масс паровой фазы, G_V^l определяется по формуле

$$G_i' = \tau_i \cdot \mu \cdot S_i \sqrt{\left(\frac{P_C M}{RT_C}\right) \cdot P_C \cdot \left(0{,}167 \cdot P_R^5 + 0{,}534 \cdot P_R^{1{,}95}\right)}, \qquad (A.3.12)$$

где μ – коэффициент истечения;

S_i – площадь отверстия, м^2;

P_C – критическое давление сжиженного газа, Па;

M – молярная масса, кг/моль;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(К·моль);

T_C – критическая температура сжиженного газа, К;
$P_R = P/P_C$ – безразмерное давление сжиженного газа в резервуаре;
P – давление сжиженного газа в резервуаре, Па.

А.5 Энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ рассматриваемого аппарата и поступившей от смежных объектов за время τ_i, определяется по следующей формуле:

$$E_1'' = G_2'' g'' + \sum G_{2i}'' g_i''. \quad (А.3.13)$$

А.5.1 Масса ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой ЖФ, находящейся непосредственно в аппарате, для которого рассматривается аварийная ситуация, определяется по следующей формуле:

$$G_2'' = \min\left\{0{,}8 G_1''; \frac{2c''(T - T_к'')}{r} G_1''\right\}. \quad (А.3.14)$$

Примечание – В обоснованных случаях при отсутствии возможности образования аэрозоля при вскипании ЖФ коэффициент 2 в формуле (А.3.14) может быть исключен.

Для сжиженных газов, находящихся в аппарате под давлением, масса ПГФ, образующейся за счет внутренней энергии, определяется по следующей формуле:

$$G_2'' = G_1'' \cdot \delta, \quad (А.3.15)$$

где δ – доля испарившейся жидкости определяется по следующей формуле:

$$\delta = 1 - \exp\left(-\frac{c'' \cdot (T_a - T_к)}{r}\right). \quad (А.3.16)$$

Примечания
1 При $\delta \geq 0{,}35$ в формулу (А.3.16) подставляется значение $\delta = 1$, т. е. принимается, что вся масса сжиженного газа, находящаяся в оборудовании, за счет взрывного характера испарения переходит в парокапельное облако.
2 При $\delta < 0{,}35$ в формулу (А.3.15) подставляется значение δ, рассчитанное по (А.3.16). Оставшаяся часть жидкости поступает в окружающую среду и испаряется с поверхности пролива за счет потока тепла от подстилающей поверхности и воздуха (см. формулу (А.3.29)).

А.5.2 Масса ЖФ, поступившей самотеком от смежных блоков, за счет избыточного давления или разности уровней, за время от начала разгерметизации до отключения потока запорной арматурой определяется по следующей формуле:

$$G_{li}'' = p_i'' w_i'' S_i'' \tau_i, \quad (А.3.17)$$

где $w_i'' = \beta\sqrt{\dfrac{2\left(9{,}81\rho_i'' H + \mathrm{P}\right)}{\rho_i''}}$, (А.3.18)

где β – в зависимости от реальных свойств ЖФ и гидравлических условий принимается в пределах 0,61 – 0,82;
H – уровень ЖФ относительно отверстия, через которое происходит истечение жидкости.

Примечания
1 При расчетах скоростей истечения ПГФ и ЖФ из смежных систем к аварийному блоку можно использовать и другие расчетные формулы, учитывающие фактические условия действующего производства, в том числе гидравлическое сопротивление систем, из которых возможно истечение.
2 Площадь сечения определяется для наиболее узкого места между смежным аппаратом и местом истечения.
3 Рассчитанная по формуле (А.3.17) масса не может превышать объем ЖФ в смежных аппаратах.
4 К рассчитанной по формуле (А.3.17) массе ЖФ необходимо добавлять массу ЖФ, содержащейся в трубопроводе на участке от запорной арматуры, отсекающей технологический поток, до места истечения при возможности ее истечения.
5 При наличии обратного клапана на трубопроводе выдачи ЖФ из аппарата допускается учитывать его работу аналогично автоматическому клапану-отсекателю.

А.5.3 Масса ЖФ сжиженного газа G_i'', поступившего от смежного аппарата, может быть определена по следующей формуле:

$$G_i'' = G_i' \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{\rho_i''}{\rho_i'}\right) \cdot P_R}}{\left(1{,}22 \cdot T_R^{3/2}\right)}, \qquad (А.3.19)$$

где G_i' – масса ПГФ, определенная по формуле (А.3.12);

$T_R = T/T_C$ – безразмерная температура сжиженного газа;

T_C – критическая температура сжиженного газа, К.

А.5.4 Массовая скорость истечения ЖФ, подаваемой к месту разгерметизации насосом, принимается равной производительности насоса с учетом возможного изменения (снижения) давления в разгерметизировавшемся аппарате.

А.5.5 Массовая скорость истечения ЖФ на потоках, где имеется регулирование расхода клапаном-регулятором, принимается равной регламентированному значению технологического потока.

А.6 Энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекращающихся при разгерметизации, определяется по следующей формуле:

$$E_2'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^{n} \Pi_{Pi} \tau_{Pi}, \qquad (А.3.20)$$

где τ_{Pi} – принимается для каждого случая, исходя из конкретных регламентированных условий проведения процесса и времени срабатывания отсечной арматуры и средств ПАЗ, с.

А.7 Энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, поступающей к месту разгерметизации от смежных аппаратов, определяется по следующей формуле:

$$E_3'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^{n} \Pi_{Ti} \tau_{Ti}. \qquad (А.3.21)$$

А.8 Значение Π_{Ti} (кДж/с) может определяться с учетом конкретного теплообменного оборудования и основных закономерностей процессов теплообмена ($\Pi_{Ti} = K_i F_i \Delta t_i$) по разности теплосодержания теплоносителя на входе в теплообменный элемент (аппарат) и выходе из него:

$$\Pi_{Ti} = W_{Ti} c_i (t_2' - t_1') \text{ или } \Pi_{Ti} = W_{Ti} r_{ti}, \qquad (А.3.22)$$

где W_{Ti} – расход греющего теплоносителя, кг/с;

r_{Ti} – удельная теплота парообразования конденсирующегося теплоносителя.

При обосновании могут быть использованы также другие способы расчета тепловой мощности.

А.9 Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, грунт и т. п.) ЖФ, за счет теплоотдачи от окружающей среды (от твердой поверхности и воздуха к жидкости по ее поверхности) определяется по следующей формуле:

$$E_4'' = G_\Sigma'' q', \qquad (А.3.23)$$

где $G_\Sigma'' = G_4'' + G_5''$. (А.3.24)

А.9.1 Масса ЖФ, испарившейся за счет теплопритока от твердой поверхности (пола, поддона, обвалования и т. п.), определяется для случаев, когда $T < T_0$ по следующей формуле:

$$G_4'' = 2 \frac{T_a - T}{r} \frac{\varepsilon}{\sqrt{3.14}} \frac{F_п}{F_ж} F_п \sqrt{\tau}, \qquad (А.3.25)$$

где T_a – температура твердой поверхности (пола, поддона, грунта и т. п.), К;

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \rho_t c_t}. \qquad (А.3.26)$$

А.9.2 Масса ЖФ, испарившейся с поверхности за счет диффузионных процессов, определяется по следующей формуле:

$$G_5'' = m_и F_ж \tau_и; \qquad (А.3.27)$$

Интенсивность испарения W (кг/(м^2·с)) для ненагретых жидкостей определяется по формуле

$$m_и = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M} \cdot P_Н, \qquad (А.3.28)$$

где η – коэффициент, принимаемый для помещений по таблице А.3 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. При проливе жидкости вне помещения допускается принимать η = 1;

$P_Н$ – давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа.

Таблица А.3

Скорость воздушного потока, м/с	Значение коэффициента η при температуре t, °С, воздуха				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Интенсивность испарения ЖФ сжиженных газов, пролившихся на свободную поверхность, определяется по формуле

$$m_и = \frac{(\lambda \cdot c_t \cdot \rho_t)^{0,5} \cdot (T_a - T''_к)}{r \cdot (3,14 \cdot t)^{0,5}} + \frac{0,035 \cdot u^{0,8} \cdot \lambda_a \cdot (T_a - T''_к)}{(\upsilon_a^{0,8} \cdot d^{0,2} \cdot r)}, \qquad (А.3.29)$$

где t – текущее время с момента начала испарения, с (но не менее 10 с);

λ_a – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре $T_а$;

u – скорость воздушного потока над поверхностью испарения, м/с;

d – характерный диаметр пролива, м;

v_a – кинематическая вязкость воздуха при $T_а$, м^2/с.

А.10 Определение величины приведенной массы и относительного энергетического потенциала, характеризующих взрывоопасность технологических блоков

По значениям общих энергетических потенциалов взрывоопасности E определяются величины приведенной массы и относительного энергетического потенциала, характеризующих взрывоопасность технологических блоков.

А.10.1 Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака m, приведенная к единой удельной энергии сгорания, равной 46000 кДж/кг:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4}. \qquad (А.3.30)$$

А.10.2 Относительный энергетический потенциал взрывоопасности $Q_в$ технологического блока находится расчетным методом по формуле

$$Q_в = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E}. \qquad (А.3.31)$$

По значениям относительных энергетических потенциалов $Q_в$ и приведенной массе парогазовой среды m осуществляется категорирование технологических блоков.

Показатели категорий приведены в 5.1.1.

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методика расчета массы вещества, участвующего во взрыве

Данная методика рекомендуется при определении исходных данных для оценки параметров ударных волн при взрывах топливно-воздушных смесей, образующихся в атмосфере и производственных помещениях при промышленных авариях и инцидентах.

Масса ГГ или паров, испарившихся с поверхности горючей жидкости за счет внутренней и (или) внешней энергии, может задаваться в качестве исходного параметра, исходя из максимальной концентрации взрывоопасной смеси в свободном объеме помещения или определяться исходя из условий аварии. При оценке последствий аварии (инцидента) массу ГГ или паров рекомендуется определять согласно приложению А с учетом развития конкретной аварийной ситуации. Под развитием аварийной ситуации подразумевается последовательность логически связанных отдельных процессов: истечение, распространение, перемешивание с воздухом (окислителем). В качестве инициирующего события можно рассматривать полную или частичную разгерметизацию аппарата.

Выбор расчетной ситуации должен осуществляться с учетом возможности реализации инициирующего события, которое может привести к нарушению параметров технологического процесса или нарушению герметичности оборудования и трубопроводов.

Анализ дерева событий представляет собой «осмысливаемый вперед» процесс, т. е. процесс, при котором исследование развития аварийной ситуации начинается с исходного события с рассмотрением цепи последующих событий, приводящих к возникновению топливно-воздушной смеси.

При построении логических деревьев событий учитываются следующие положения:

– выбирается ситуация, которая может повлечь за собой возникновение аварии (инцидента) на технологическом оборудовании, содержащем взрывопожароопасные вещества с дальнейшим ее развитием;

– развитие аварийной ситуации должно рассматриваться постадийно с учетом места ее возникновения на объекте (производственное помещение, наружная установка), оценки вероятности возникновения и возможности ее локализации и ликвидации.

Для практических расчетов, используемых при выборе основных направлений организационно-технических мероприятий по защите персонала от травмирования, а зданий и сооружений от разрушения, рекомендуется рассматривать аварийные ситуации, при которых вероятность возникновения взрыва – не ниже 10^{-6} год$^{-1}$.

Частоты реализации инициирующих событий для некоторых типов оборудования приведены в таблице Б.1. Удельные частоты утечек из технологических трубопроводов на 1 м длины приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.1

Наименование оборудования	Событие, инициирующее аварию	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год$^{-1}$
Резервуары, емкости, сосуды и аппараты под давлением	Разгерметизация с последующим истечением жидкости, газа или двухфазной среды	5	$4{,}0\cdot10^{-5}$
		12,5	$1{,}0\cdot10^{-5}$
		25	$6{,}2\cdot10^{-6}$
		50	$3{,}8\cdot10^{-6}$
		100	$1{,}7\cdot10^{-6}$
		Полное разрушение	$3{,}0\cdot10^{-7}$
Насосы (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением жидкости или двухфазной среды	5	$4{,}3\cdot10^{-3}$
		12,5	$6{,}1\cdot10^{-4}$
		25	$5{,}1\cdot10^{-4}$
		50	$2{,}0\cdot10^{-4}$
		Диаметр подводящего/ отводящего трубопровода	$1{,}0\cdot10^{-4}$

Окончание таблицы Б.1

Наименование оборудования	Событие, инициирующее аварию	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год$^{-1}$
Компрессоры (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением газа	5	$1{,}1\cdot10^{-2}$
		12,5	$1{,}3\cdot10^{-3}$
		25	$3{,}9\cdot10^{-4}$
		50	$1{,}3\cdot10^{-4}$
		Полное разрушение	$1{,}0\cdot10^{-4}$
Резервуары для хранения ЛВЖ и ГЖ при давлении, близком к атмосферному	Разгерметизация с последующим истечением жидкости в обвалование	25	$8{,}8\cdot10^{-5}$
		100	$1{,}2\cdot10^{-5}$
		Полное разрушение	$5{,}0\cdot10^{-6}$

Примечания
1 Под полным разрушением подразумевается утечка с диаметром истечения, соответствующим максимальному диаметру подводящего или отводящего трубопровода, или разрушения резервуара, емкости, сосуда или аппарата.
2 При определении частоты разгерметизации фильтров и кожухотрубных теплообменников указанное оборудование допускается рассматривать как аппараты под давлением. Аппараты воздушного охлаждения допускается рассматривать как участки технологических трубопроводов, длина которых соответствует суммарной длине труб в пучках теплообменника.

Таблица Б.2

Диаметр трубопровода, мм	Частота утечек, м$^{-1}$·год$^{-1}$				
	Малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	Средняя (диаметр отверстия 25 мм)	Значительная (диаметр отверстия 50 мм)	Большая (диаметр отверстия 100 мм)	Разрыв
50	$5{,}7\cdot10^{-6}$	$2{,}4\cdot10^{-6}$	–	–	$1{,}4\cdot10^{-6}$
100	$2{,}8\cdot10^{-6}$	$1{,}2\cdot10^{-6}$	$4{,}7\cdot10^{-7}$	–	$2{,}4\cdot10^{-7}$
150	$1{,}9\cdot10^{-6}$	$7{,}9\cdot10^{-7}$	$3{,}1\cdot10^{-7}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$2{,}5\cdot10^{-8}$
250	$1{,}1\cdot10^{-6}$	$4{,}7\cdot10^{-7}$	$1{,}9\cdot10^{-7}$	$7{,}8\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-8}$
600	$4{,}7\cdot10^{-7}$	$2{,}0\cdot10^{-7}$	$7{,}9\cdot10^{-8}$	$3{,}4\cdot10^{-8}$	$6{,}4\cdot10^{-9}$
900	$3{,}1\cdot10^{-7}$	$1{,}3\cdot10^{-7}$	$5{,}2\cdot10^{-8}$	$2{,}2\cdot10^{-8}$	$4{,}2\cdot10^{-9}$
1200	$2{,}4\cdot10^{-7}$	$9{,}8\cdot10^{-8}$	$3{,}9\cdot10^{-8}$	$1{,}7\cdot10^{-8}$	$3{,}2\cdot10^{-9}$

Условная вероятность воспламенения топливно-воздушной смеси с образованием избыточного давления при образовании горючего газопаровоздушного облака приведена в таблице Б.3.

Таблица Б.3

Массовый расход истечения, кг/с		Условная вероятность
Диапазон	Номинальное среднее значение	Газ
Малый (< 1)	0,5	0,080
Средний (1 – 50)	10	0,240
Большой (> 50)	100	0,600
Полный разрыв	–	0,600

Б.1 Масса парогазовых веществ, участвующих во взрыве, определяется произведением

$$m_a' = z \cdot m, \qquad (Б.1)$$

где z – доля приведенной массы парогазовых веществ, участвующих во взрыве.

Б.2 Для производственных помещений значение коэффициента участия горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ во взрыве, если выполняется условие $\frac{100m}{\rho_{гп}V_{св}} < 0{,}5C_{нкпр}$ определяется по следующим формулам:

– при $X_{нкпр} \le 0{,}5\,L$ и $Y_{нкпр} \le 0{,}5\,S$

$$Z = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}\pi}{m}\rho_{гп}\left(C_0 + \frac{C_{нкпр}}{\delta}\right)X_{нкпр}Y_{нкпр}Z_{нкпр}; \qquad (Б.2)$$

– при $X_{нкпр} \ge 0{,}5\,L$ и $Y_{нкпр} \ge 0{,}5\,S$

$$Z = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}}{m}\rho_{гп}\left(C_0 + \frac{C_{нкпр}}{\delta}\right)FZ_{нкпр}, \qquad (Б.3)$$

где m – масса горючего газа или паров ЛВЖ и ГЖ, вышедших в результате аварии в помещение, кг;

$\rho_{гп}$ – плотность газа или пара при расчетной температуре, кг/м^3;

$C_{нкпр}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % об.;

$C_о$ – предэкспоненциальный множитель;

δ – допустимые отклонения концентраций, определяются по таблице Б.4;

$X_{нкпр}$, $Y_{нкпр}$, $Z_{нкпр}$ – соответственно, расстояния по осям X, Y, Z от источника поступления газа, ограниченные НКПР, рассчитываемые по формулам (Б.5) – (Б.7), м;

F – площадь пола помещения, м^2.

Таблица Б.4

Характер распределения концентраций	δ	Формула для расчета C_0, % об	К1	К2	К3
Горючие газы при отсутствии подвижности воздушной среды	1,38	$C_0 = 3770\frac{m}{\rho_{гп}V_{св}}$	1,1314	1	0,0253
Горючие газы при подвижности воздушной среды	1,37	$C_0 = 300\frac{m}{\rho_{гп}V_{св}U}$	1,1314	1	0,02828
Пары ЛВЖ при отсутствии подвижности воздушной среды	1,25	$C_0 = C_н\left(\frac{100m}{C_н\rho_{гп}V_{св}}\right)^{0,41}$	1,1958	$\frac{T}{3600}$	0,04714
Пары ЛВЖ при подвижности воздушной среды	1,27	$C_0 = C_н\left(\frac{100m}{C_н\rho_{гп}V_{св}}\right)^{0,46}$	1,1958	$\frac{T}{3600}$	0,3536
Примечание – $V_{св}$ – свободный объем помещения, м^3; $C_н$ – концентрация паров над жидкостью в состоянии равновесия (насыщения) при расчетной температуре жидкости, % об.					

Б.2.1 Концентрация $C_н$ может быть найдена по формуле

$$C_н = 100\frac{P_н}{P_о}, \qquad (Б.4)$$

где $P_н$ – давление насыщенных паров при расчетной температуре жидкости (находится из справочной литературы), кПа;

$P_о$ – атмосферное давление, равное 101 кПа.

Б.2.2 Расстояния $X_{нкпр}$, $Y_{нкпр}$, $Z_{нкпр}$ рассчитываются по следующим формулам:

$$X_{нкпр} = K_1 L \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0,5}; \quad (Б.5)$$

$$Y_{нкпр} = K_1 S \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0,5}; \quad (Б.6)$$

$$Z_{нкпр} = K_3 H \left(K_2 \ln \frac{\delta C_0}{C_{нкпр}} \right)^{0,5}, \quad (Б.7)$$

где K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, принимаемые по таблице Б.4;
H – высота помещения, м;
L – длина помещения, м;
S – ширина помещения, м.

При отрицательных значениях логарифмов расстояния $X_{нкпр}$, $Y_{нкпр}$, $Z_{нкпр}$ принимаются равными 0.

Б.3 Для остальных случаев, т. е. когда выполняется условие $\frac{100m}{\rho_{гп} V_{св}} \geq 0,5\ C_{нкпр}$, коэффициент участия горючих газов и паров ненагретых ЛВЖ во взрыве рекомендуется принимать по таблице Б.5.

Таблица Б.5

Вид горючего вещества	*z*
Водород	1,0
ГГ (кроме водорода)	0,5
ЛВЖ и ГЖ, нагретые выше температуры вспышки	0,3
ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки при возможности образования аэрозоля	0,3
Диспергированные ЛВЖ и ГЖ, нагретые ниже температуры вспышки	0,12
ЛВЖ, нагретые ниже температуры вспышки	0,05

Б.4 Для неорганизованных парогазовых облаков в незамкнутом пространстве (наружные установки) с большой массой горючих веществ долю участия во взрыве рекомендуется принимать равной 0,1. В отдельных обоснованных случаях доля участия веществ во взрыве может быть снижена, но не менее чем до 0,02.

Приложение В
(обязательное)

Определение радиусов зон разрушения

На объектах, где хранятся или перерабатываются взрывопожароопасные вещества, наиболее опасным поражающим фактором является волна давления расширяющихся продуктов сгорания при различных режимах (детонация, дефлаграция) газо-, паро- или пылевоздушного облака. Взрывные волны характеризуются тем, что вызывают в атмосфере появление быстро движущегося сильно сжатого слоя воздуха, за которым следует слой разреженного воздуха. Взрывные волны по характеру нарастания давления во времени подразделяются на ударные волны и волны сжатия.

Для оценки последствий уровней разрушений зданий, сооружений и возможности повреждения людей применяются детерминированные и вероятностные критерии оценки поражающего действия волны давления.

Детерминированные критерии показывают значения параметров опасного фактора с условной вероятностью 1, если значение критерия (давление во фронте ударной волны) превышает допустимый уровень. Соответственно, если критерий не достигает допустимого уровня, вероятность воздействия опасного фактора принимается равной 0.

Вероятностные критерии показывают, какова условная вероятность поражения людей и разрушения или повреждения промышленных зданий.

В данной методике рассмотрены только детерминированные критерии оценки поражающих факторов, которые должны применяться при оценке опасности взрывопожароопасных объектов.

Основными структурными элементами алгоритма расчетов являются:

– определение ожидаемого режима взрывного превращения топливно-воздушной смеси с учетом степени чувствительности горючего вещества и характеристики окружающего пространства;

– определение массы горючего вещества, содержащегося в облаке;

– определение эффективного энергозапаса топливно-воздушной смеси;

– расчет максимального избыточного давления и импульса фазы сжатия воздушных ударных волн для различных режимов;

– оценка поражающего воздействия взрыва топливно-воздушной смеси.

Исходными данными для расчета параметров ударных волн при взрыве облака топливно-воздушной смеси являются:

– характеристики горючего вещества, содержащегося в облаке топливно-воздушной смеси;

– агрегатное состояние топливно-воздушной смеси (газовая или гетерогенная);

– средняя концентрация горючего вещества в смеси $C_г$;

– стехиометрическая концентрация горючего газа с воздухом $C_{ст}$;

– масса горючего вещества, содержащегося в облаке $M_г$, с концентрацией в пределах взрываемости;

– удельная теплота сгорания горючего вещества $q_г$;

– информация об окружающем пространстве.

Используемые в приложении обозначения:

$C_о$ – скорость звука в воздухе, м/с (обычно принимается равной 340 м/с);

$C_г$ – концентрация горючего вещества в облаке топливно-воздушной смеси, кг/м^3;

$C_{ст}$ – стехиометрическая концентрация вещества в смеси с воздухом, кг/м^3;

E – эффективный энергозапас топливно-воздушной смеси, Дж;

I – импульс волны давления, Па·с;

$I_х$ – безразмерный импульс фазы сжатия;

$M_г$ – масса горючего вещества, содержащегося в облаке топливно-воздушной смеси, кг;

ΔP – избыточное давление, Па;

$P_о$ – атмосферное давление (принимается равным 101325 Па);

$P_х$ – безразмерное давление;

R – расстояние от центра облака топливно-воздушной смеси, м;

$R_х$ – безразмерное расстояние от центра облака топливно-воздушной смеси;

$V_г$ – скорость видимого фронта пламени, м/с;

m – средняя масса человека, кг;

$q_г$ – удельная теплота сгорания газа, Дж/кг;

β – корректировочный параметр, характеризующий фугасные свойства топливно-воздушной смеси;

σ – степень расширения продуктов сгорания.

В.1 Определение массы горючего вещества в топливно-воздушной смеси

Масса горючего вещества, содержащегося в облаке, определяется по методике приложения Б.

В.2 Определение эффективного энергозапаса топливно-воздушной смеси

Эффективный энергозапас горючей смеси определяется по соотношению

$$E = M_г \times q_г \text{ при } C_г \le C_{ст} \quad (В.1)$$

или

$$E = M_г \times q_г \times C_{ст} / C_г \text{ при } C_г > C_{ст}. \quad (В.2)$$

При расчете параметров взрыва облака, лежащего на поверхности земли, величина эффективного энергозапаса удваивается. Для оценки объема газового облака топливно-воздушной смеси можно воспользоваться простым соотношением

$$V = M_г / C_{ст}. \quad (В.3)$$

Примечания

1 Стехиометрическая концентрация горючего вещества в ТВС определяется из справочных данных или рассчитывается отдельно.

2 В случае, если определение концентрации горючего вещества в смеси затруднено, в качестве величины $C_г$ в соотношении (В.1) принимается концентрация, соответствующая нижнему концентрационному пределу воспламенения ГГ.

Теплота сгорания горючего газа $q_г$ в топливно-воздушной смеси берется из справочных данных или оценивается по формуле

$$q_г = 44\ \beta, \text{ МДж/кг}. \quad (В.4)$$

Корректировочный параметр β для наиболее распространенных в промышленном производстве опасных веществ определяется по таблице В.1.

Таблица В.1

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4	
Особо чувствительные вещества (Размер детонационной ячейки менее 2 см)		Чувствительные вещества (Размер детонационной ячейки от 2 до 10 см)		Среднечувствительные вещества (Размер детонационной ячейки от 10 до 40 см)		Слабочувствительные вещества (Размер детонационной ячейки больше 40 см)	
Наименование	β	Наименование	β	Наименование	β	Наименование	β
Ацетилен	1,1	Акрилонитрил	0,67	Ацетальдегид	0,56	Аммиак	0,42
Винилацетилен	1,03	Акролеин	0,62	Ацетон	0,65	Бензол	0,88
Водород	2,73	Бутан	1,04	Бензин	1	Декан	1
Гидразин	0,44	Бутилен	1	Винилацетат	0,51	Дизтопливо	1
Изопропилнитрат	0,41	Бутадиен	1,1	Винилхлорид	0,42	о-дихлор-бензол	0,42
Метилацетилен	1,05	1,3-пентадиен	1	Гексан	1	Додекан	1
Нитрометан	0,25	Пропан	1,05	Генераторный	0,38	Керосин	1
Окись пропилена	0,7	Пропилен	1,04	Изооктан	1	Метан	1,14
Окись этилена	0,62	Сероуглерод	0,32	Метиламин	0,7	Метилбензол	1
Этилнитрат		Этан	1,08	Метилацетат	0,53	Метилмеркаптан	0,53
		Этилен	1,07	Метилбутил-кетон	0,79	Метилхлорид	0,12
		ШФЛУ	1	Метилпропил-кетон	0,76	Нафталин	0,91
		Диметиловый эфир	0,66	Метилэтилкетон	0,71	Окись углерода	0,23
		Дивиниловый эфир	0,77	Октан	1	Фенол	0,92
		Метилбутиловый эфир	–	Пиридин	0,77	Хлорбензол	0,52

Окончание таблицы В.1

Класс 1		Класс 2		Класс 3		Класс 4	
Особо чувствительные вещества (Размер детонационной ячейки менее 2 см)		Чувствительные вещества (Размер детонационной ячейки от 2 до 10 см)		Среднечувствительные вещества (Размер детонационной ячейки от 10 до 40 см)		Слабочувствительные вещества (Размер детонационной ячейки больше 40 см)	
Наименование	β	Наименование	β	Наименование	β	Наименование	β
		Диэтиловый эфир	0,77	Сероводород	0,34	Этилбензол	0,90
		Диизопропи-ловый эфир	0,82	Метиловый спирт	0,52	Дихлорэтан	0,25
				Этиловый спирт	0,62	Трихлорэтан	0,14
				Пропиловый спирт	0,69		
				Амиловый спирт	–		
				Изобутиловый спирт	0,79		
				Изопропиловый спирт	0,69		
				Циклогексан	1		
				Этилформиат	0,46		
				Этилхлорид	0,43		
				Сжиженный природный газ	1		
				Кумол	0,84		
				Печной газ	0,09		
				Циклопропан	1		
				Этиламин	0,8		

В.3 Определение ожидаемого режима взрывного превращения топливно-воздушной смеси

В.3.1 Классификация горючих веществ по степени чувствительности

Топливно-воздушные смеси, способные к образованию горючих смесей с воздухом, по своим взрывоопасным свойствам разделены на четыре класса.

Классификация горючих веществ приведена в таблице В.1. В случае, если вещество отсутствует в таблице В1, его следует классифицировать по аналогии с имеющимися в таблице веществами, а при отсутствии информации о свойствах данного вещества следует относить его к классу 1, т. е. рассматривать как наиболее опасный случай.

В.3.2 Классификация окружающей территории

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

Вид 1 **–** Пространства с наличием длинных труб, полостей, каверн, заполненных горючей смесью, при сгорании которой возможно ожидать формирование турбулентных струй продуктов сгорания с размером не менее трех размеров детонационной ячейки данной смеси. Если размер детонационной ячейки для данной смеси неизвестен, то минимальный характерный размер турбулентных струй принимается равным 5 см для веществ класса 1; 20 см – для веществ класса 2; 50 см – для веществ класса 3 и 150 см – для веществ класса 4.

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

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

Вид 4 – Слабо загроможденное и свободное пространство.

В.3.3 Классификация ожидаемого режима взрывного превращения

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

Ожидаемый диапазон скорости взрывного превращения определяется по таблице В.2 в зависимости от класса горючего вещества и вида окружающего пространства.

Таблица В.2

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

Ниже приводится классификация режимов взрывного превращения топливно-воздушной смеси по диапазонам скоростей.

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

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

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

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

Диапазон 5. Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением

$$V_г = 43M_г^{1/6}. \qquad (В.5)$$

Диапазон 6. Дефлаграция, скорость фронта пламени определяется соотношением

$$V_г = 26M_г^{1/6}. \qquad (В.6)$$

В.3.4 Оценка агрегатного состояния топливно-воздушной смеси

Для дальнейших расчетов необходимо оценить агрегатное состояние топлива смеси. Допустим, что смесь гетерогенная (газ + жидкость), если более 50 % топлива содержится в облаке в виде капель, в противном случае топливно-воздушная смесь считается газовой. Провести такие оценки можно исходя из величины давления насыщенных паров топлива при данной температуре и времени формирования облака.

Для летучих веществ, таких как пропан, при температуре плюс 20 °С смесь можно считать газовой, а для веществ с низким давлением насыщенного пара (например, разбрызгивание дизтоплива при плюс 20 °С) расчеты проводятся в предположении гетерогенной топливно-воздушной смеси.

В.4 Расчет параметров ударных волн при детонационных взрывах

Данный расчет является ориентировочным и может применяться при выборе основных направлений организационно-технических мероприятий по защите персонала от травмирования, а зданий и сооружений от разрушений при взрывах парогазовых сред и конденсированных взрывчатых веществ. Данная методика основана на принципе подобия ударных волн на тождественно равных приведенных расстояниях для двух зарядов одного и того же вещества, но имеющего разные размеры. Данный принцип основан на анализе реальных разрушений кирпичных зданий, пострадавших при взрывах бомб. На основании этого анализа была выведена формула, устанавливающая зависимость расстояния от центра взрыва до объекта с соответствующим уровнем разрушения от массы заряда взрывчатого вещества (тротила).

Ударные волны возникают при детонационных взрывах взрывчатых веществ (тротил, гексоген, октоген и т. п.), газопаровоздушных смесей и при взрывах сосудов, работающих под давлением. Скорость распространения давления ударной волны значительно превышает скорость звука в воздухе и от начала до конца взрыва постоянна.

Воздействие взрывных волн на сооружения относится к случаю особых динамических нагрузок. Для общей классификации зон разрушений зданий и сооружений в случаях, когда отсутствуют конкретные технические характеристики объектов, могут использоваться данные, приведенные в таблице В.3.

Таблица В.3

Класс зоны разрушения	Характеристика повреждения здания	ΔP, кПа
1	Полное разрушение	≥ 100
2	Сильные разрушения	70
3	Средние разрушения	28
4	Слабые разрушения	14
5	Малые разрушения	≤ 2

В.4.1 При взрыве газопаровоздушных смесей в режиме детонации различают 2 зоны.

1 зона – зона действия детонационной волны в пределах облака газопаровоздушной смеси.

2 зона – зона действия ударной волны за пределами облака газопаровоздушной смеси. В 1 зоне избыточное давление во фронте ударной волны принимается постоянным, равным 1,7 МПа. Параметры взрыва за пределами облака зависят от расстояния до центра и состава газопаровоздушной смеси.

Начальный радиус облака при утечке горючих газов в открытых пространствах может быть определен по формуле

$$R_{\text{нкпр}} = 14{,}5632\left(\frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} C_{\text{нкпр}}}\right)^{0{,}333}, \qquad (\text{В.7})$$

где $m_{\text{г}}$ – масса горючего газа, поступившая в аварийной ситуации в открытое пространство, кг;

$\rho_{\text{г}}$ – плотность газа при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м^3;

$C_{\text{нкпр}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % об.

Для паров ненагретых ЛВЖ начальный радиус облака при утечке в открытых пространствах может быть определен по формуле

$$R_{\text{нкпр}} = 3{,}1501\sqrt{\frac{T}{3600}}\left(\frac{P_{\text{н}}}{C_{\text{нкпр}}}\right)^{0{,}813}\left(\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} C_{\text{нкпр}}}\right)^{0{,}333}, \qquad (\text{В.8})$$

где $m_{\text{г}}$ – масса паров ЛВЖ, поступившая в аварийной ситуации в открытое пространство за время полного испарения, но не более 3600, кг;

$\rho_{\text{п}}$ – плотность паров при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м^3;

$C_{\text{нкпр}}$ – нижний концентрационный предел распространения пламени, % об;

T – продолжительность поступления паров ЛВЖ в открытое пространство, с.

Для закрытых пространств (помещения) размер облака может быть принят равным минимальному габаритному размеру помещения (ширине помещения).

В.4.2 Радиус зоны разрушения (м) в общем виде для зоны 2 (за пределами облака) определяется выражением

$$R = K\frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1+\left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}} \qquad (\text{В.9})$$

или при $m_{\text{г}} > 5000$ кг

$$R_0 = \sqrt[3]{W_T}, \qquad (\text{В.10})$$

где K – безразмерный коэффициент, характеризующий воздействие ударной волны на объект, который принимается по таблице В.4;

W_T – тротиловый эквивалент взрыва.

Таблица В.4

Класс зоны разрушения	Характеристика повреждения здания	К
1	Полное разрушение	3,8
2	Сильные разрушения	5,6
3	Средние разрушения	9,6
4	Слабые разрушения	28
5	Малые разрушения	56

Примечания
1 Соответствующие границам зон разрушения давления во фронте ударной волны приведены в таблице В.3.
2 Для определения радиуса смертельного поражения человека принимается коэффициент К = 3,8. 3 Размер зон разрушения принимается от центра газопаровоздушного облака.

Тротиловый эквивалент взрыва для парогазовых сред определяется по следующей формуле:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{q'}{q_T} \cdot m'_a, \qquad (В.11)$$

где m'_a – масса паров, участвующих во взрыве, кг;

q' – удельная теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг;

q_T – удельная энергия взрыва ТНТ, которая принимается равной 4520 кДж/кг.

Для конденсированных взрывчатых веществ тротиловый эквивалент определяется по следующей формуле:

$$W_T = \frac{q_к}{q_T} \cdot W_к, \qquad (В.12)$$

где $W_к$ – масса конденсированных ВВ, кг;

$q_к$ – удельная энергия взрыва конденсированных ВВ, Дж/кг.

В.4.3 Для вычисления параметров воздушной ударной волны на заданном расстоянии R от центра облака при детонации облака топливно-воздушной смеси предварительно рассчитывается соответствующее безразмерное расстояние по соотношению

$$R_x = R/(E/P_0)^{1/3}. \qquad (В.13)$$

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

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

В случае детонации облака газовой топливо-воздушной смеси (далее – ТВС) расчет производится по следующим формулам:

$$ln(P_x) = 1,1(-1,124 - 1,66ln(R) + 0,26(ln(R))^2), \qquad (В.14)$$

$$ln(I_x) = 1,15(-3,4217 - 0,898ln(R_x) - 0,009(ln(R_x))^2). \qquad (В.15)$$

Зависимости (В.14) и (В.15) справедливы для значений $0,2 \le R_x \le 24$. В случае $R_k < 0,2$ величина P_x полагается равной 18, а в выражение (В.15) подставляется значение $R_x = 0,142$.

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

$$P_x = 1,1(0,125/R + 0,137/R^2 + 0,023/R^3), \qquad (В.16)$$

$$I_x = 1,15(0,022/R_x). \qquad (В.17)$$

Зависимости (В.16) и (В.17) справедливы для значений R_x больше 0,25. В случае если $R_x < 0,25$, величина P_x принимается равной 18, а величина $I_x = 0,16$.

Найденные для реальных конкретных объектов значения радиусов зон R при соответствующем обосновании могут уточняться в зависимости от:

– принципиальной возможности взрывов в технологической аппаратуре, быстротечности парообразования и формирования взрывоопасного облака, в том числе плотности (по отношению к плотности воздуха) и других физико-химических характеристик горючих парогазовых сред;

– характера и устойчивости технологических процессов, надежности и быстродействия средств контроля, регулирования опасных параметров и противоаварийной защиты;

– надежности, прочностных характеристик и герметичности применяемой аппаратуры, оборудования, трубопроводов и арматуры, а также средств локализации и предохранительных устройств;

– взаимного расположения зданий и сооружений, технологических установок, определяющих эффективность проветривания и возможность рассеивания выбрасываемых в атмосферу парогазовых взрывоопасных сред;

– преимущественного направления ветра, рельефа местности на территории предприятия и прилегающей к этой территории зоне, исключающих скопление взрывоопасных продуктов;

– применяемых ограждающих конструкций, водяных завес и других средств, ограничивающих распространение взрывоопасного парогазового облака;

– расположения в зоне возможной загазованности взрывоопасными продуктами постоянных или возникновения случайных источников зажигания;

– отечественного и зарубежного опыта эксплуатации аналогичных технологических систем (процессов) и других факторов.

В.5 Расчет параметров воздушных волн сжатия при дефлаграционных взрывах

Волны сжатия возникают при дефлаграционных взрывах газопаровоздушных смесей, отличительной особенностью которых является дозвуковая скорость распространения пламени. Скорость распространения пламени при дефлаграции сначала возрастает, затем некоторое время остается постоянной, после чего убывает. Дефлаграционное горение газопаровоздушных смесей может переходить в режим детонации в следующих случаях:

– если инициирование осуществляется детонатором в виде взрывчатого вещества, имеющего определенную критическую массу;

– если воспламенение происходит у закрытого конца канала, имеющего большую протяженность (более 60 диаметров) и открытый противоположный конец;

– предварительное перемешивание горючего и окислителя.

В случае дефлаграционного взрывного превращения облака ТВС к параметрам, влияющим на величины избыточного давления и импульса положительной фазы, добавляются скорость видимого фронта пламени $V_г$ и степень расширения продуктов сгорания σ. Для газовых смесей принимается $\sigma = 7$, для гетерогенных – $\sigma = 4$. Для расчета параметров ударной волны при дефлаграции гетерогенных облаков величина эффективного энергозапаса смеси умножается на коэффициент $(\sigma - 1) / \sigma$.

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

$$P_{x1} = (V_г^2/C_o^2)\times((\sigma - 1)/\sigma)) \times (0{,}83/R_x - 0{,}14/R_x^2), \quad (В.18)$$

$$I_{x1} = (V_г/C_o) \times ((\sigma - 1)/\sigma)) \times (1 - 0{,}4 \times (V_г/C_o) \times ((\sigma - 1)/\sigma)) \times (0{,}06/R_x+0{,}01/R_x^2 - 0{,}0025/R_x^3). \quad (В.19)$$

Последние два выражения справедливы для значений R_x, больших величины 0,34, в противном случае вместо R_x в соотношения (В.18) и (В.19) подставляется величина 0,34.

Далее вычисляются величины P_{x2} и I_{x2}, которые соответствуют режиму детонации и для случая детонации газовой смеси рассчитываются по соотношениям (Г.14), (Г.15), а для детонации гетерогенной смеси – по соотношениям (В.16), (В.17).

Окончательные значения P_x и I_x выбираются из следующего условия:

$$P_x = \min(P_{x1},P_{x2});\ I_x = \min(I_{x1},I_{x2}). \quad (В.20)$$

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

$$\Delta P = P_x P_0; \quad (В.21)$$

$$I = I_x (P_0)^{2/3} E^{1/3}/C_0. \quad (В.22)$$

В.6 Оценка радиусов зон поражения

Критерии по степени разрушений зданий и сооружений, учитывающие тип и виды объектов, приведены в таблице В.5.

Таблица В.5

Элемент объекта	Разрушение при избыточном давлении на фронте ударной волны, кПа			
	слабое	среднее	сильное	полное
Массивные промышленные здания с металлическим каркасом и крановым оборудованием грузоподъемностью 25 – 50 т	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 70
То же, с крановым оборудованием грузоподъемностью 60 – 100 т	20 – 40	40 – 50	50 – 60	60 – 80
Бетонные и железобетонные здания и здания антисейсмической конструкции	25 – 35	80 – 120	150 – 200	200
Здания с легким металлическим каркасом и бескаркасной конструкцией	10 – 20	20 – 30	30 – 50	50 – 70
Промышленные здания с металлическим и бетонным заполнением с площадью остекления около 30 %	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Промышленные здания с металлическим каркасом и сплошным хрупким заполнением стен и крыши	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Многоэтажные железобетонные здания с большой площадью остекления	8 – 20	20 – 40	40 – 90	90 – 100
Здания из сборного железобетона	10 – 20	20–30	–	30 – 60
Одноэтажные здания с металлическим каркасом и стеновым заполнением из волнистой стали	5 – 7	7 – 10	10 – 15	15
То же, с крышей и стеновым заполнением из волнистой стали	7 – 10	10 – 15	15 – 25	25 – 30
Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из железобетонных сборных элементов одно- и многоэтажные	10 – 20	20 – 35	35 – 45	45 – 60
Кирпичные бескаркасные производственно-вспомогательные здания с перекрытием (покрытием) из деревянных элементов одно- и многоэтажные	8 – 15	15 – 25	25 – 35	35
Здания трансформаторной подстанции из кирпича или блоков	10 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80
Складские кирпичные здания	10 – 20	20 – 30	30 – 40	40 – 50
Легкие склады-навесы с металлическим каркасом и шиферной кровлей	10 – 25	25 – 35	35 – 50	50
Склады-навесы из железобетонных элементов	20 – 35	35 – 70	80 – 100	100
Административные многоэтажные здания с металлическим или железобетонным каркасом	20 – 30	30 – 40	40 – 50	50 – 60
Кирпичные малоэтажные здания (один – два этажа)	8 – 15	15 – 25	25 – 35	35 – 45
Кирпичные многоэтажные здания (три этажа и более)	8 – 12	12 – 20	20 – 30	30 – 40
Остекление зданий обычное	0,5 – 1	1 – 1,5	1,5 – 3	–
Остекление зданий из армированного стекла	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 5	–
Газгольдеры	15 – 20	20 – 30	30 – 40	40
Подземные металлические и железобетонные резервуары	20 – 50	50 – 100	100 – 200	200
Частично заглубленные резервуары	40 – 50	50 – 80	80 – 100	100
Наземные металлические резервуары и емкости	30 – 40	40 – 70	70 – 90	90
Открыто расположенное оборудование артезианских скважин	70 – 110	110 – 130	130 – 170	170
Водонапорные башни	10 – 20	20 – 40	40 – 60	60

Окончание таблицы В.5

Элемент объекта	Разрушение при избыточном давлении на фронте ударной волны, кПа			
	слабое	среднее	сильное	полное
Котельные, регуляторные станции и другие сооружения в кирпичных зданиях	7 – 13	13 – 25	25 – 35	35 – 45
Металлические вышки сплошной конструкции	20 – 30	30 – 50	50 – 70	70
Трансформаторные подстанции закрытого типа	30 – 40	40 – 60	60 – 70	70 – 80
Тепловые электростанции	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 40
Распределительные устройства и вспомогательные сооружения электростанций	30 – 40	40 – 60	60 – 80	120
Кабельные наземные линии	10 – 30	30 – 50	50 – 60	60
Кабельные подземные линии	200 – 300	300 – 600	600 – 1000	1500
Воздушные линии высокого напряжения	25 – 30	30 – 50	50 – 70	70
Воздушные линии низкого напряжения	20 – 60	60 – 100	100 – 160	160
Подземные стальные сварные трубопроводы диаметром до 350 мм	600 – 1000	1000 – 1500	1500 – 2000	2000
То же, диаметром свыше 350 мм	200 – 350	350 – 600	600 – 1000	1000
Подземные чугунные и керамические трубопроводы на раструбах, асбестоцементные на муфтах	200 – 600	600 – 1000	1000 – 2000	2000
Трубопроводы наземные	20	50	130	–
Трубопроводы на металлических или железобетонных эстакадах	20 – 30	30 – 40	40 – 50	–
Смотровые колодцы и задвижки на сетях коммунального хозяйства	200 – 400	400 – 600	600 – 1000	1000
Сети коммунального хозяйства (водопровод, канализация, газопровод) заглубленные	100 – 200	400 – 1000	1000 – 1500	1500
Сооружения коммунального хозяйства без ограждающих конструкций	50 – 150	150 – 250	250 – 300	300
Шоссейные дороги с асфальтовым и бетонным покрытием	120 – 300	300 – 1000	1000 – 2000	2000 – 4000
Железнодорожные пути	100 – 150	150 – 200	200 – 300	300 – 500
Подвижной железнодорожный состав	30 – 40	40 – 80	80 – 100	100 – 200

Характеристика степеней разрушений воздушной ударной волной элементов объекта приведена в таблице В.6.

Таблица В.6

Элемент объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
Производственные, административные и жилые здания	Разрушение наименее прочных конструкций зданий, сооружений и агрегатов; заполнений дверных и оконных проемов, срыв кровли; основное оборудование повреждено незначительно. Восстановительные работы сводятся к среднему восстановительному ремонту	Разрушение кровли, перегородок, а также части оборудования, повреждение подъемно-транспортных механизмов. Восстановление возможно при капитальном восстановительном ремонте с использованием сохранившихся основных конструкций и оборудования	Значительные деформации несущих конструкций, разрушение большей части перекрытий, стен и оборудования. Восстановление элемента возможно, но сводится по существу к новому строительству с использованием некоторых сохранившихся конструкций и оборудования

Окончание таблицы В.6

Элемент объекта	Разрушение		
	слабое	среднее	сильное
Резервуары и емкости для нефтепродуктов и 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
Подвижной железнодорожный состав, автотранспорт, инженерная техника, подъемно-транспортные механизмы, крановое оборудование	Частичное разрушение и деформация обшивки крыши, повреждение стекол кабин, фар и приборов. Требуется текущий (средний) ремонт	Разрушение кузовов, крытых вагонов, повреждение кабин (кузовов), срыв дверей и повреждение наружного оборудования, разрыв трубопроводов систем питания, охлаждения и смазки. Использование возможно после ремонта с заменой поврежденных узлов	Опрокидывание, срыв отдельных частей, общая деформация рамы, разрушение кабины (кузова, грузовой платформы), срыв и повреждение радиаторов, крыльев, подножек, наружного оборудования двигателя. Использование невозможно, требуется капитальный ремонт в заводских условиях
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, баков, выход из строя контрольно-измерительных приборов. Разрушение и сильная деформация резервуаров выше уровня жидкости. При восстановлении выполняется 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

Приложение Г
(справочное)

Таблица соответствия категорий взрывоопасности значениям показателей надежности по ГОСТ 12.1.010 и интегральным уровням безопасности

Таблица Г.1

Наименование показателя		Значение					
% надежности/готовности			90,0	99,0	99,9	99,99	99,999
Вероятность опасного отказа			0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
Взрывобезопасность химических произ-водств и объектов	Категория взрывоопасности			III II	I		
IEC 61508	SIL		1	2	3	4	

Приложение Д
(рекомендуемое)

Пример расчета радиусов зон разрушений для различных типовых технологических процессов

Д.1 Прием, хранение, подача пропановой фракции в колонну К-1

Д.1.1 Исходные данные

В состав блока входит следующее оборудование:
Е-2 – емкость исходного сырья;
Н-2/1,2 – насосы.
Среда – пропан-пропиленовая фракция (далее – ППФ).
Температура – $T_{ср}$ = 0 °С или 273 К.
Давление – $P_{ср}$ = 0,6 МПа.
На входе в блок ППФ из цехов 101, 104 – пневмоклапан-отсекатель ОК-3, HCSV-344, dy 50, $\tau_з$ = 15 с.
На выходе ППФ из блока к Т-11 (блок 2) – пневмоклапан-отсекатель ОК-1, HCSV-340, dy 50, $\tau_з$ = 14 с.
Состав ППФ, % мас.: C_3H_8 – 56,4; C_3H_6 – 21,8; аллен – 7,8; метилацетилен – 12,9, ΣC_4 = 1,1.
Характеристика ППФ: $\rho_{о\ ПГФ}$ = 1,95 кг/м^3, $\rho_{ж.ф.}$= 584,4 кг/м^3 (0 °С); q = 44476,55 кДж/кг, М = 42,874, к = 1,33, r = 425,327 кДж/кг, $c_р$ = 2,23 кДж/(кг·К), $t_{кип\ (пропана)}$ = минус 41,9 °С.

Д.1.2 Определение объема блока

Е-2
D = 2400 мм; H = 11400 мм; $V_г$ = 50 м^3; T = 273 К; P = 0,6 МПа;
$V_{ЖФ}$ = 50 · 0,6 = 30 м^3;
$V_{ПГФ}$ = 50 · 0,4 = 20 м^3;

$$V_0 = 20 \cdot \frac{273 \cdot 0,6}{273 \cdot 0,1} = 120 \text{ м}^3.$$

В связи с большим объемом ЖФ объемы трубопроводов в расчетах не учитываются.
Итого по блоку:
– геометрический объем ПГФ в блоке – 20 м^3;
– объем ПГФ (при н. у.) – 120 м^3;
– объем ЖФ – 30 м^3 (масса ЖФ: G = 30 · 584,4 = 17532 кг).

Д.1.3 Расчет

При расчетной аварии происходит разгерметизация трубопровода на выходе ЖФ из Е-2 (dy 50, $F_{сеч}$ = 0,00196 м^2) перед отсекателем HCSV-341 (ОК-1А) с проливом ЖФ в поддон ($F_{поддона}$ = 100 м^2). После истечения ЖФ происходит выброс ПГФ. В избранном месте разгерметизации авария наиболее неблагоприятна и не поддается локализации и прекращению аварийного сброса ЖФ в поддон.
Скорость истечения ЖФ:

$$\omega = \beta \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{584,4}} = 18,1257 \text{ м/с}.$$

Время полного истечения ЖФ:
$\tau = V_{ЖФ} / (F_{сеч} \cdot \omega)$ = 30 / (0,00196 · 18,1257) = 843,37 с (14 мин).
Д.1.3.1 Энергия адиабатического расширения:
$A = \beta_1 \cdot P \cdot V'$ = 1,42 · 600 · 20 = 17040 кДж,
где β_1 – принято при $к$ = 1,33, P = 0,6 МПа.
Энергия сгорания ПГФ, содержащейся в блоке:
$G_1' \cdot q' = V_{0ПГФ} \cdot \rho_0 \cdot q'$ = 120 · 1,95 · 44476,55 = 10407512,7 кДж;
$E_1' = A + G_1' \cdot q'$ = 25560 + 15611269,05 = 15636829,05 кДж
E_2' = 0 (приход ПГФ из смежных блоков отсутствует).

Д.1.3.2 Пролив ЖФ сопровождается его мгновенным вскипанием в связи с перегревом ЖФ относительно его температуры кипения ($t_{кип\ (пропана)}$ = минус 41,9 °С).

Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению за счет энергии перегрева ЖФ:

$\Delta = 1 - \exp(-2{,}23 \cdot 41{,}9 / 425{,}327) = 0{,}1972$.

Количество ЖФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_1'' = V_{ЖФ} \cdot \Delta \cdot \rho_{ж.ф.} = 30 \cdot 0{,}1972 \cdot 584{,}4 = 3457{,}79$ кг.

Энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегрева ЖФ:

$E_1'' = G_1'' \cdot q = 3457{,}79 \cdot 44476{,}55 = 153790590{,}63$ кДж;

$E_2'' = 0$ (нет экзотермических реакций);

$E_3'' = 0$ (нет теплопритока от внешних теплоносителей).

Д.1.3.3 Оставшийся объем жидкой ППФ ($V_{ост}'' = 30 \cdot (1 - 0{,}1972) = 24{,}08$ м^3) разливается по площади поддона, создает зеркало испарения 100 м^2:

Скорость испарения:

$m_и = 10^{-6} P_н \sqrt{M} = 10^{-6} \cdot 471{,}49 \sqrt{42{,}874} = 0{,}0031$ кг/(с·м^2),

где $P_н$ – давление насыщенных паров, рассчитанное по уравнению Антуана по основному веществу (пропан) при 273 К.

Содержимое поддона сливается через сливное устройство dy 150:

$F_{сеч.трапа\ поддона} = 0{,}01766$ м^2, $w_{слива} = 0{,}15$ м/с (принятая).

Время слива ЖФ с поддона:

$$\tau_2 = \frac{V_{ост}''}{w_{слива} \cdot F_{сеч.поддона}} = \frac{24{,}08}{0{,}15 \cdot 0{,}0176} = 9090{,}14 \text{ с } (2{,}53 \text{ ч}).$$

Масса ПГФ, образующейся с поддона из пролитой жидкости за 1 ч:

$G_5'' = m_и \cdot F_{поддона} \cdot 3600 = 0{,}0031 \cdot 100 \cdot 3600 = 1111{,}41$ кг.

Фактически оставшаяся масса ЖФ составляет 14074,21 кг.

Таким образом, к расчету E_4'' принимается масса испарения ЖФ с площади поддона за 1 ч:

$G_5'' = 1111{,}41$ кг.

Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой ППФ за счет теплоотдачи от окружающей среды:

$E_4'' = G_5'' \cdot q$.

$E_4'' = 1111{,}41 \cdot 44476{,}55 = 49431462{,}81$ кДж.

Д.1.4 Полный потенциал блока:

$E = E_1' + E_1'' + E_4''$.

$E = 15636829{,}05 + 153790590{,}63 + 49431462{,}81$.

$E = 213646606{,}14$ кДж.

Приведенная масса горючих газов: $m_{пр} = E / 46000 = 4644{,}5$ кг.

Относительный энергетический потенциал $Q_в = E^{1/3} / 16{,}534 = 36{,}16$.

Блок относится ко II категории взрывоопасности.

Д.1.5 Тротиловый эквивалент при $z = 0{,}1$ (наружная установка):

$$W_т = z \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{q_m}{4520} \cdot m_{пр} = 0{,}1 \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{44476{,}55}{4520} \cdot 4644{,}5 = 2031{,}18 \text{ кг}.$$

Д.1.6 Базовый радиус разрушений:

$$R_0 = W_т^{1/3} / [1 + (\frac{3180}{W_T})^2]^{1/6} = 10{,}3 \text{ м}.$$

Д.1.7 Радиусы зон разрушений взрывной волной, м:

$R_1 = 39$; $R_2 = 57{,}7$; $R_3 = 99$; $R_4 = 288{,}45$; $R_5 = 576{,}9$.

Д.2 Экстрагирование метилацетиленовой фракции (МАФ) из пропановой фракции (ПФ)

Д.2.1 Исходные данные

В состав блока входит следующее оборудование:

К-1 – колонна экстрактивной ректификации;

Е-3 – емкость ПФ;

Е-4 – отбойник ацетонитрила;

Т-1 – дефлегматор колонны экстрактивной ректификации К-1;

Т-2 – кипятильник колонны К-1;

Т-9 – холодильник ацетонитрила перед поступлением в колонну К-1;

Т-11 – теплообменник нагрева ППФ перед поступлением в колонну К-1;

Н-3/1,2 – насосы.

На входе в блок 2:

– ППФ из блока 1 – пневмоклапан-отсекатель HCSV-340, dy 50, $\tau_з$ = 14 с;

– ацетонитрил из Е-11 насосом Н-4/1,2 подается на орошение колонны К-1 – пневмоклапан-отсекатель HCSV-352, dy 50, $\tau_з$ = 30 с;

– МАФ от Н-5/1,2 (блок 4) – пневмоклапан-отсекатель HCSV-348, dy 25, $\tau_з$ = 8 с.

На выходе из блока 2:

– кубовый продукт колонны К1 в Т-5 (блок 3) – регулирующий клапан LCV -303, dy 50, $\tau_з$ = 5 с.

– верхний продукт колонны К-1 в Е-5 (блок 3) – пневмоклапан-отсекатель HCSV – 368, dy 50, $\tau_з$ = 30 с.

Состав пропановой фракции с верха колонны К-1, % мас.: C_3H_8 – 73,8; C_3H_6 – 25,7; аллен – 0,3; метилацетилен – 0,2. Смесь данного состава имеет характеристику: $\rho_{о\ ПГФ}$ = 1,99 кг/м^3, q = 46090,26 кДж/кг, M = 43,544, $к$ = 1,33.

Состав кубового продукта колонны К-1, % мас.: C_3H_8 – 0,4; C_3H_6 – 0,5; аллен – 1,22; метилацетилен – 2,1, ΣC_4 – 0,18, ацетонитрил – 95,6. Смесь данного состава имеет характеристику: $\rho_{ж.ф.}$= 603 кг/м^3 (130 °С); q = 31231 кДж/кг, M = 41,11, r = 763,647 кДж/кг, $c_р$ = 2,265 кДж/(кг·К), $t_{кип}$ = 81,8 °С.

Характеристика ацетонитрила (C_2H_3N): $\rho_{ж.ф.}$= 782 кг/м^3 (20 °С); $q_{ац}$ = 30818,7 кДж/кг, $c_р$ = 2,265 кДж/(кг·К), $t_{кип}$ = 81,8 °С, M = 41,053.

Состав и характеристика ППФ – см. блок 1.

Д.2.2 Определение объема блока

К-1

D = 1000 мм; H = 36600 мм; $V_г$ = 25,8 м^3;

45 колпачковых тарелок; $V_{тар}$ = 1,05975 м^3;

P = 0,7 МПа; $t_{ср}$ = (13 + 105)/2 = 59 °С (T = 332 К);

$V_{ЖФ}$ = 2 м^3; $V_{ПГФ}$ = 25,8 – (1,05975 + 2) = 22,7403 м^3;

$$V_0 = 22{,}7403 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}7}{332 \cdot 0{,}1} = 130{,}8934 \text{ м}^3.$$

Т-2

D = 600 мм; H = 4040 мм; $V_{тр}$ = 0,57 м^3; $V_{м/тр}$ = 0,57 м^3;

$T_{ср}$ = 328 К; $P_{ср}$ = 0,65 МПа;

$V_{ЖФ}$ = 0,285 м^3; $V_{ПГФ}$ = 0,285 м^3;

$$V_0 = 0{,}285 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}65}{328 \cdot 0{,}1} = 1{,}544 \text{ м}^3.$$

Т-9

D = 400 мм; L = 4770 мм; $V_{тр}$ = 0,2996 м^3; $V_{м/тр}$ = 0,2996 м^3;

$T_{ср}$ = 378 К; $P_{ср}$ = 0,725 МПа; среда м/тр пространства – ацетонитрил;

$V_{ЖФ}$ = $V_{м/тр}$ = 0,2996 м^3.

Т-11

D = 275 мм; L = 3450 мм; $V_{тр}$ = 0,1024 м^3; $V_{м/тр}$ = 0,1024 м^3;

$T_{ср}$ = 273 К; $P_{ср}$ = 0,725 МПа; среда м/тр пространства – ППФ;

$V_{ЖФ}$ = $V_{м/тр}$ = 0,1024 м^3.

Для расчета потенциала блока 2 объем ЖФ и ПГФ трубопроводов принимаем 10 % от объема ЖФ и ПГФ оборудования.

Итого по блоку:

– геометрический объем ПГФ в блоке – 25,3282 м^3;

– объем ПГФ (при н. у.) – 145,6814 м^3;

– объем ЖФ – 2,7159 м^3.

Д.2.3 Расчет

При расчетной аварии происходит разгерметизация трубопровода (dy 50, $F_{сеч}$ = 0,00196 м^2) на выходе кубовой жидкости из колонны К-1 (t = 130 °С, P = 0,55 МПа). Происходит выброс на поддон жидкой фазы, затем выброс парогазовой фазы в атмосферу наружной установки. Дополнительно к содержимому блока к месту разгерметизации поступает ЖФ (ППФ) из смежного блока 1 во время за-

крытия пневмоклапана-отсекателя HCSV-340, ОК-1 ($т_з$ = 14 с, dy 50); ПГФ из блока 3 во время закрытия пневмоклапана-отсекателя HCSV-368, ОК-25 ($т_з$ = 30 с, dy 50); ЖФ (ацетонитрил) из смежного блока 3 во время закрытия пневмоклапана-отсекателя HCSV-352, ОК-11 ($т_з$ = 30 с, dy 50).

Д.2.3.1 E_1' – сумма энергий адиабатического расширения А и сгорания ПГФ, находящейся в блоке:

Энергия адиабатического расширения:

$A = \beta_1 \cdot P \cdot V' = 1{,}42 \cdot 550 \cdot 25{,}3282 = 19781{,}36$ кДж,

где β_1 при $к = 1{,}33$, $P = 0{,}55$ МПа.

Энергия сгорания ПГФ, содержащейся в блоке:

$G_1' \cdot q' = V_{0ПГФ} \cdot \rho_0 \cdot q' = 145{,}6814 \cdot 1{,}99 \cdot 46090{,}26 = 13361838{,}5$ кДж.

$E_1' = A + G_1' \cdot q' = 19781{,}36 + 13361838{,}5 = 13381619{,}86$ кДж.

Д.2.3.2 E_2' – энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежного блока 3 в течение времени закрытия межблочной арматуры ОК-25 ($т_з$ = 30 с).

Скорость ПГФ, поступившей из блока 3:

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}33}{1{,}33+1} \cdot 0{,}55 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0957} = 245{,}15 \text{ м/с},$$

где $\rho = \rho_0 \cdot \dfrac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0} = 1{,}99 \cdot \dfrac{273 \cdot 0.55}{286 \cdot 0{,}1} = 10{,}45$ кг/м^3;

$\gamma = 1/\rho = 0{,}0957$ м^3/кг.

Приход ПГФ, поступившей из блока 3:

$G_2' = \rho \cdot \omega \cdot F_{сеч.} \cdot т_з = 10{,}45 \cdot 245{,}14 \cdot 0{,}00196 \cdot 30 = 150{,}79$ кг.

$E_2' = G_2' \cdot q' = 150{,}79 \cdot 46090{,}26 = 695090{,}67$ кДж.

Д.2.3.3 Пролив ЖФ сопровождается его мгновенным вскипанием в связи с перегревом ЖФ относительно его температуры кипения ($t_{кип}$ = 81,8 °С).

Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению за счет энергии перегрева ЖФ:

$\Delta = 1 - \exp(-2{,}265 \cdot 48{,}2 / 763{,}647) = 0{,}1332$.

Количество ЖФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_1'' = V_{ЖФ} \cdot \Delta \cdot \rho_{ж.ф.} = 2{,}7159 \cdot 0{,}1332 \cdot 603 = 218{,}16$ кг.

Приход ЖФ (ацетонитрил) из смежного блока 3 в течение времени закрытия межблочной арматуры ОК-11 ($т_з$ = 30 с).

Скорость истечения ЖФ:

$$\omega'' = \beta \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0{,}4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}55 \cdot 10^6}{603}} = 17{,}08 \text{ м/с}.$$

Количество ЖФ, поступившей от смежного блока 3:

$G_{2(бл.3)}'' = \rho_{ж.ф} \cdot F_{сеч} \cdot \omega'' \cdot \tau = 603 \cdot 0{,}00196 \cdot 17{,}08 \cdot 30 = 606{,}52$ кг.

Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению:

$\Delta_{(бл.3)} = 1 - \exp(-2{,}265 \cdot 48{,}2 / 763{,}647) = 0{,}1332$.

Количество ЖФ (ацетонитрил), подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_{2/(3)}'' = G_{2(бл.3)}'' \cdot \Delta_{(бл.3)} = 606{,}52 \cdot 0{,}1332 = 80{,}8$ кг.

Приход ЖФ (ППФ) из смежного блока 1 в течение времени закрытия межблочной арматуры ОК-1 ($т_з$ = 14 с).

Скорость истечения ЖФ ППФ (см. расчет блока 1): $\omega_{ППФ}'' = 18{,}1257$ м/с.

Количество ЖФ, поступившей от смежного блока 1:

$G_{3(бл.1)}'' = \rho_{ж.ф} \cdot F_{сеч} \cdot \omega'' = 584{,}4 \cdot 0{,}00196 \cdot 18{,}1257 \cdot 14 = 291{,}13$ кг.

Доля ЖФ ППФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению (см. расчет блока 1): $\Delta_{(бл.1)} = 0{,}1972$.

Количество ЖФ ППФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_{3/(1)}'' = G_{2(бл.3)}'' \cdot \Delta_{(бл.3)} = 291{,}13 \cdot 0{,}1972 = 57{,}41$ кг.

Энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегрева ЖФ:

$E_1'' = G_1'' \cdot q' + \Sigma G_i'' \cdot q_i' = G_1'' \cdot q' + G_{2/(3)}'' \cdot q_{ац}' + G_{3/(1)}'' \cdot q_{ППФ}'$;

$E_1'' = 218{,}16 \cdot 31231 + 80{,}8 \cdot 30818{,}7 + 57{,}41 \cdot 444476{,}55 = 11856912{,}52$ кДж;

$E_2'' = 0$ (нет экзотермических реакций);

$E_3'' = 0$ (нет теплопритока от внешних теплоносителей).

Д.2.3.4 Оставшийся объем ЖФ разливается по площади поддона, создает зеркало испарения 96 м^2.

$$V_{ост.}'' = 2{,}7159 \cdot (1 - 0{,}1332) + \frac{606{,}52}{603} \cdot (1 - 0{,}1332) + \frac{291{,}13}{584{,}4} \cdot (1 - 0{,}1972).$$

$V_{ост.}'' = 3{,}63$ м^3.

Содержимое поддона сливается через сливное устройство dy 100:
$F_{сеч.\ трапа\ поддона}$ = 0,00785 м^2, $w_{слива}$ = 0,15 м/с (принятая).
Время слива ЖФ с поддона:

$$\tau_{сл} = \frac{V'_{ост}}{w_{слива} \cdot F_{сеч.поддона}} = \frac{3,63}{0,15 \cdot 0,00785} = 3079,3 \text{ с.}$$

Скорость испарения:

$m_и = 10^{-6} P_н \sqrt{M} = 10^{-6} \cdot 383,12 \sqrt{41,11} = 0,0025$ кг/(с·м^2),

где $P_н$ – давление насыщенных паров, рассчитанное по уравнению Антуана (см. раздел 1) по основному веществу (ацетонитрил) при 403 К.

Масса ПГФ, образующейся из пролитой жидкости за время слива с поддона:
$G_5'' = m_и \cdot F_{поддона} \cdot \tau_{сл}$ = 0,0025 · 96 · 3079,3 = 726,16 кг.
Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды:
$E_4'' = G_5'' \cdot q$.
E_4'' = 726,16 · 31231 = 22678750,25 кДж.

Д.2.4 Полный потенциал блока:
$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_4''$.
E = 13381619,86 + 695090,67 + 11856912,52 + 22678750,25.
E = 54867373,3 кДж.
Приведенная масса ГГ: $m_{пр}$ = E/46000 = 1193 кг.
Относительный энергетический потенциал $Q_в = E^{1/3}/16,534$ = 23.
Блок относится к III категории взрывоопасности.

Д.2.5 Тротиловый эквивалент при z = 0,1 (наружная установка):

$$W_т = z \cdot \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{q_m}{4520} \cdot m_{пр} = 0,1 \cdot \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{46090,26}{4520} \cdot 1193 = 540,56 \text{ кг.}$$

Д.2.6 Базовый радиус разрушений:

$$R_0 = W_т^{1/3} / [1 + (\frac{3180}{W_T})^2]^{1/6} = 4,5 \text{ м.}$$

Д.2.7 Радиусы зон разрушений взрывной волной, м:
R_1 = 17; R_2 = 25,15; R_3 = 43; R_4 = 125,75; R_5 = 251,5.

Д.3 Десорбция МАФ из ацетонитрила. Колонна К-2

Д.3.1 Исходные данные.
В состав блока входит следующее оборудование:
К-2 – колонна выделения продуктовой МАФ (отпарная);
Е-5 – отбойник ацетонитрила;
Е-6 – емкость флегмовая МАФ;
Е-11 – емкость циркуляционного ацетонитрила;
Т-4, 10 – дефлегматор колонны К-2;
Т-3 – кипятильник колонны К-2;
Т-5 – холодильник кубового продукта колонны К-1;
Т-6 – холодильник кубового продукта колонны К-2;
Н-4/1,2 – насосы.
На входе в блок 3:
– верхний продукт колонны К-1 (блок 2) – пневмоклапан-отсекатель ОК-25, HCSV-368, dy 50, $\tau_з$ = 30 с.
– кубовый продукт колонны К-1 (блок 2) – регулирующий клапан LCV-303, dy 80, $\tau_з$ = 5 с.
– МАФ из блока 4 – регулирующий клапан FCV -285, dy 15, $\tau_з$ = 5 с.
– свежий ацетононитрил из Е-8 (блок 5) – пневмоклапан-отсекатель ОК-22, HCSV-365, dy 50, $\tau_з$ = 20 с.
На выходе из блока 3:
– МАФ к насосам Н-5/1,2 (блок 4) – пневмоклапан-отсекатель ОК-12А, HCSV-355, dy 50, $\tau_з$ = 20 с;
– ацетононитрил в К-1 через Т-9 (блок 2) – пневмоклапан-отсекатель ОК-11, HCSV-352, dy 50, $\tau_з$ = 30 с.

Состав МАФ – продукт из колонны К-2, % мас.: C_3H_8 – 9,7; C_3H_6 – 11,6; аллен – 27,8; метилацетилен – 47,1, ΣC_4 – 3,8. Смесь данного состава имеет характеристику: $\rho_{о\ ПГФ}$ = 1,8254 кг/м^3,

$\rho_{ж.ф.}$ = 624,5 кг/м^3 (20 °С); $\rho_{ж.ф.}$= 446,8 кг/м^3 (110 °С); q = 40172,64 кДж/кг, M = 42,284, $к$ = 1,33, r = 551,908 кДж/кг, $c_р$ = 1,517 кДж/(кг·К), $t_{кип}$ = минус 23 °С.

Состав кубового продукта колонны К-2, % мас.: ацетонитрил – 99,9686. Данный состав имеет характеристику: $\rho_{ж.ф.}$ = 620,6 кг/м^3 (110 °С); $\rho_{ж.ф.}$ = 782 кг/м^3 (20 °С); q = 30822,6 кДж/кг, M = 41,066, r = 763,647 кДж/кг, $c_р$ = 2,265 кДж/(кг· К), $t_{кип}$ = 81,8 °С.

Характеристика ацетонитрила (C_2H_3N): $q_{ац}$ = 30818,7 кДж/кг, $c_р$ = 2,265 кДж/(кг·К), $t_{кип}$ = 81,8 °С, M = 41,053.

Состав и характеристика верхнего продукта колонны К-1 – см. блок 2.

Д.3.2 Определение объема блока

К-2

D = 1000 мм; H = 25300 мм; $V_г$ = 18 м^3;
30 колпачковых тарелок; $V_{тар}$ = 0,7065 м^3;
P = 0,35 МПа; $t_{ср}$ = (12 + 110)/2 = 61 °С (T = 334 К);
$V_{ЖФ}$ = 2 м^3; $V_{ПГФ}$ = 18 – (0,7065 + 2) = 15,2535 м^3;

$$V_0 = 15{,}2535 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}35}{334 \cdot 0{,}1} = 43{,}75 \text{ м}^3.$$

Е-5

D = 800 мм; H = 2075 мм; $V_г$ = 0,8 м^3;
P = 0,35 МПа; $t_{ср}$ = (10 + 16)/2 = 13 °С (T = 286 К);
$V_{ЖФ}$ = 0,24 м^3; $V_{ПГФ}$ = 0,56 м^3;

$$V_0 = 0.56 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}35}{286 \cdot 0{,}1} = 1{,}8709 \text{ м}^3.$$

Е-6

D = 1200 мм; H = 3570 мм; $V_г$ = 3,2 м^3;
P = 0,35 МПа; $t_{ср}$ = 9 °С (T = 282 К);
$V_{ЖФ}$ = 1,6 м^3; $V_{ПГФ}$ = 1,6 м^3;

$$V_0 = 1{,}6 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}35}{282 \cdot 0{,}1} = 5{,}42 \text{ м}^3.$$

Е-11

D = 1000 мм; H = 2910 мм; $V_г$ = 2 м^3;
P = 0,35 МПа; $t_{ср}$ = 87,5 °С (T = 360,5 К);
$V_{ЖФ}$ = 1 м^3; $V_{ПГФ}$ = 1 м^3;

$$V_0 = 1 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}35}{360{,}5 \cdot 0{,}1} = 2{,}65 \text{ м}^3.$$

Т-3

D = 600 мм; H = 4940 мм; $V_{тр}$ = 0,698 м^3;
$T_{ср}$ = 428 К; $P_{ср}$ = 0,35 МПа;
$V_{ЖФ}$ = 0,349 м^3; $V_{ПГФ}$ = 0,349 м^3;

$$V_0 = 0{,}349 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}35}{428 \cdot 0{,}1} = 0{,}78 \text{ м}^3.$$

Т-5

D = 400 мм; L = 4800 мм; $V_{тр}$ = 0,3 м^3; $V_{м/тр}$ = 0,3 м^3;
среда м/тр пространства – куб колонны К-1;
$V_{ЖФ}$ = $V_{м/тр}$ = 0,3 м^3.

Т-6

D = 400 мм; L = 3700 мм; $V_{тр}$ = 0, ,23 м^3; $V_{м/тр}$ = 0,23 м^3;
среда м/тр пространства – ацетонитрил;
$V_{ЖФ}$ = $V_{м/тр}$ = 0,23 м^3.

Т-4

D = 600 мм; H = 4040 мм; $V_{м/тр}$ = 0,57 м^3;
$T_{ср}$ = 280,5 К; $P_{ср}$ = 0,35 МПа;
$V_{ЖФ}$ = 0,285 м^3; $V_{ПГФ}$ = 0,285 м^3;

$V_0 = 0{,}285 \cdot \dfrac{273 \cdot 0{,}35}{280{,}5 \cdot 0{,}1} = 0{,}97228$ м^3.

Т-10

D = 600 мм; H = 4040 мм; $V_{м/тр}$ = 0,57 м^3;

$T_{ср}$ = 280,5 К; $P_{ср}$ = 0,35 МПа;

$V_{ЖФ}$ = 0,285 м^3; $V_{ПГФ}$ = 0,285 м^3;

$V_0 = 0{,}285 \cdot \dfrac{273 \cdot 0{,}35}{280{,}5 \cdot 0{,}1} = 0{,}97228$ м^3.

Для расчета потенциала блока 3 объем ЖФ и ПГФ трубопроводов принимаем 10 % от объема ЖФ и ПГФ оборудования.

Итого по блоку:

– геометрический объем ПГФ в блоке – 21,3107 м^3;

– объем ПГФ при н. у. – 62,0595 м^3;

– объем ЖФ – 6,923 м^3.

Д.3.3 Расчет

При расчетной аварии происходит разгерметизация трубопровода (dy 80, $F_{сеч}$ = 0,00502 м^2) на выходе кубовой жидкости из колонны К-2 (t = 110 °С, P = 0,35 МПа). Происходит выброс на поддон ($F_{под}$ = 96 м^2) жидкой фазы, затем выброс парогазовой фазы в атмосферу наружной установки. Дополнительно к содержимому блока к месту разгерметизации поступает ЖФ (куб К-1) из смежного блока 2 во время закрытия клапана LCV-303 ($т_3$ = 5 с, dy 80); ПГФ из блока 2 во время закрытия пневмоклапана-отсекателя HCSV-368, ОК-25 ($т_3$ = 30 с, dy 50); ЖФ (МАФ) из смежного блока 4 во время закрытия пневмоклапана-отсекателя HCSV-355, ОК-12А ($т_3$ = 20 с, dy 50).

Д.3.3.1 E_1' – сумма энергий адиабатического расширения A и сгорания ПГФ, находящейся в блоке:

Энергия адиабатического расширения:

$A = \beta_1 \cdot P \cdot V'$ = 1,21 · 350 · 21,3107 = 9025,08 кДж,

где β_1 при $к$ = 1,33, P = 0,35 МПа.

Энергия сгорания ПГФ, содержащейся в блоке:

$G_1' \cdot q'$ = $V_{0ПГФ} \cdot \rho_0 \cdot q'$ = 62,0595 · 1,8254 · 40172,64 = 4550891,92 кДж;

$E_1' = A + G_1' \cdot q'$ = 9025,08 + 4550891,92 = 4559917 кДж.

Д.3.3.2 E_2' – энергия сгорания ПГФ (верхний продукт колонны К-1), поступившей к разгерметизированному участку от смежного блока 2 в течение времени закрытия межблочной арматуры ОК-25 ($т_з$ = 30 с)(состав и характеристика поступившей ПГФ – см. блок 2).

Скорость ПГФ, поступившей из блока 2 (состав и характеристика поступившей ПГФ, верх К-1 – см. блок 2):

$\omega = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 1{,}33}{1{,}33 + 1} \cdot 0{,}35 \cdot 10^6 \cdot 0{,}0957} = 195{,}56$ м/с,

где ρ = 10,45 кг/м^3; $\gamma = 1/\rho$ = 0,0957 м^3/кг.

Приход ПГФ, поступившей из блока 2:

$G_2' = \rho \cdot \omega \cdot F_{сеч} \cdot т_з$ = 10,45 · 195,56 · 0,00502 · 30 = 307,95 кг;

$E_2' = G_2' \cdot q'$ = 307,95 · 46090,26 = 14193291,21 кДж.

Д.3.3.3 Пролив ЖФ сопровождается его мгновенным вскипанием в связи с перегревом ЖФ относительно его температуры кипения ($t_{кип}$ = 81,8 °С).

Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению за счет энергии перегрева ЖФ:

Δ = 1 – exp(–2,265 · 28,2 / 763,647) = 0,0802.

Количество ЖФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_1'' = V_{ЖФ} \cdot \Delta \cdot \rho_{ж.ф.}$ = 6,923 · 0,0802 · 620,6 = 344,74 кг.

Приход ЖФ (куб К-1, см. блок 2) из смежного блока 2 в течение времени закрытия межблочной арматуры LCV-303 ($т_з$ = 5 с).

Скорость истечения ЖФ:

$\omega'' = \beta \cdot \sqrt{\dfrac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0{,}4 \cdot \sqrt{\dfrac{2 \cdot 0{,}35 \cdot 10^6}{603}} = 13{,}63$ м/с.

Количество ЖФ, поступившей от смежного блока 2:

$G_{2(бл.2).}'' = \rho_{ж.ф} \cdot F_{сеч} \cdot \omega'' \cdot т$ = 603 · 0,00502 · 13,63 · 5 = 206,44 кг.

Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению:

$\Delta_{(бл.2)}$ = 1 – exp(–2,265 · 48,2 / 763,647) = 0,1332.

Количество ЖФ (куб К-1), подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_{2/(2)}'' = G_{2(бл.2).}'' \cdot \Delta_{(бл.2)}$ = 206,44 · 0,1332 = 27,5 кг.

Приход ЖФ (МАФ) из смежного блока 4 в течение времени закрытия межблочной арматуры ОК-12А ($\tau_з$ = 20 с).

Скорость истечения ЖФ МАФ:

$$\omega_{МАФ}'' = \beta \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0{,}4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}35 \cdot 10^6}{446{,}8}} = 15{,}83 \text{ м/с.}$$

Количество ЖФ, поступившей от смежного блока 4:

$G_{3(бл.4).}'' = \rho_{ж.ф} \cdot F_{сеч} \cdot \omega_{МАФ}'' \cdot 20$ = 446,8 · 0,00502 · 15,83 · 20 = 710,8 кг.

Доля ЖФ МАФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению ($t_{кип}$ = минус 23 °С):

$\Delta_{(бл.4)}$ = 1 – exp(–1,517 · 133 / 551,908) = 0,3062

Количество ЖФ МАФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:

$G_{3/(4)}'' = G_{2(бл.4).}'' \cdot \Delta_{(бл.4)}$ = 710,8 · 0,3062 = 217,65 кг

Энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегрева ЖФ:

$E_1'' = G_1'' \cdot q' + \Sigma G_i'' \cdot q_i' = G_1'' \cdot q' + G_{2/(2)}'' \cdot q_{(2)}' + G_{3/(4)}'' \cdot q_{МАФ}'$;

E_1'' = 344,74 · 30822,6 + 27,5 · 31231 + 217,65 · 40172,64 = 20228138,8 кДж;

E_2'' = 0 (нет экзотермических реакций);

E_3'' = 0 (нет теплопритока от внешних теплоносителей).

Д.3.3.4 Оставшийся объем ЖФ разливается по площади поддона, создает зеркало испарения 96 м^2.

$$V_{ост}'' = 6{,}923 \cdot (1 - 0{,}0802) + \frac{206{,}44}{603} \cdot (1 - 0{,}3062) + \frac{710{,}8}{446{,}8} \cdot (1 - 0{,}3062).$$

$V_{ост}''$ = 7,77 м^3.

Содержимое поддона сливается через сливное устройство dy 100:

$F_{сеч.\ трапа\ поддона}$ = 0,00785 м^2, $w_{слива}$ = 0,15 м/с (принятая).

Время слива ЖФ с поддона:

$$\tau_{сл} = \frac{V_{ост}''}{w_{слива} \cdot F_{сеч.поддона}} = \frac{7{,}77}{0{,}15 \cdot 0{,}00785} = 6597{,}01 \text{ с (1,83 ч).}$$

Скорость испарения:

$m_и = 10^{-6} P_н \sqrt{M} = 10^{-6} \cdot 232{,}68 \sqrt{41{,}066}$ = 0,0015 кг/(с·м^2),

где $P_н$ – давление насыщенных паров, рассчитанное по уравнению Антуана по основному веществу (ацетонитрил) при 383 К.

Масса ПГФ, образующейся с поддона из пролитой жидкости за 1 ч:

$G_5'' = m_и \cdot F_{поддона} \cdot \tau$ = 0,0015 · 96 · 3600 = 515,32 кг.

Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды:

$E_4'' = G_5'' \cdot q$.

E_4'' = 515,32 · 30822,6 = 15883647,89 кДж.

Д.3.4 Полный потенциал блока:

$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_4''$;

E = 4559917 + 14193291,21 + 20228138,8 + 15883647,89;

E = 54864994,89 кДж.

Приведенная масса горючих газов: $m_{пр} = E/46000$ = 1192,7 кг.

Относительный энергетический потенциал $Q_в = E^{1/3}/16{,}534$ = 22,98.

Блок относится к III категории взрывоопасности.

Д.3.5 Тротиловый эквивалент при z = 0,1 (наружная установка):

$$W_т = z \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{q_m}{4520} \cdot m_{пр} = 0{,}1 \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{40172{,}64}{4520} \cdot 1192{,}7 = 471{,}14 \text{ кг.}$$

Д.3.6 Базовый радиус разрушений:

$$R_0 = W_т^{1/3} / [1 + (\frac{3180}{W_T})^2]^{1/6} = 4{,}1 \text{ м.}$$

Д.3.7 Радиусы зон разрушений взрывной волной, м:
R_1 = 15,6; R_2 = 23; R_3 = 39,4; R_4 = 115; R_5 = 230.

Д.4 Прием, хранение и подача МАФ на ГНС

Д.4.1 Исходные данные

В состав блока входит следующее оборудование:
Е-7 – продуктовая емкость МАФ.
Н-5/1,2 – насосы.
Среда – продукт МАФ.
Температура – $T_{ср}$ = 20 °С или 293 К.
Давление – $P_{ср}$ = 0,6 МПа.
На входе в блок МАФ из Е-6 (блок 3) – пневмоклапан-отсекатель ОК-12А, HCSV-355, dy 50, $\tau_з$ = 20 с.
На выходе МАФ из блока:
– на ГНС – пневмоклапан-отсекатель ОК-13, HCSV-356, dy 25, $\tau_з$ = 10 с;
– в К-1 (блок 2) – пневмоклапан-отсекатель ОК-7, HCSV-348, dy 25, $\tau_з$ = 8 с;
– в К-2 (блок 3) – пневмоклапан FCV-285, dy 15, $\tau_з$ = 5 с.
Состав МАФ, % мас.: C_3H_8 – 9,7; C_3H_6 – 11,6; аллен – 27,8; метилацетилен – 47,1, ΣC_4 – 3,8.
Характеристика МАФ: $\rho_{о\ ПГФ}$ = 1,8254 кг/м^3, $\rho_{ж.ф.}$ = 624,5 кг/м^3 (20 °С); q = 40172,64 кДж/кг, M = 42,284, $к$ = 1,33, r = 551,908 кДж/кг, $c_р$ = 1,517 кДж/(кг·К), $t_{кип}$ = минус 23 °С.

Д.4.2 Определение объема блока

Е-7
D = 2400 мм; H = 11400 мм; $V_г$ = 50 м^3; $T_{ср}$ = 293 К; $P_{ср}$ = 0,6 МПа;
$V_{ЖФ}$ = 50 · 0,6 = 30 м^3;
$V_{ПГФ}$ = 50 · 0,4 = 20 м^3;

$$V_0 = 20 \cdot \frac{273 \cdot 0,6}{293 \cdot 0,1} = 111,8089 \text{ м}^3.$$

В связи с большим объемом ЖФ объемы трубопроводов в расчетах не учитываются.
Итого по блоку:
– геометрический объем ПГФ в блоке – 20 м^3;
– объем ПГФ (при н. у.) – 111,8089 м^3;
– объем ЖФ – 30 м^3 (масса ЖФ: G = 30 · 624,5 = 18735 кг).

Д.4.3 Расчет

При расчетной аварии происходит разгерметизация трубопровода на выходе ЖФ из Е-7 (dy 50, $F_{сеч}$ = 0,00196 м^2) перед отсекателем HCSV-367 (ОК-24) с проливом ЖФ в поддон ($F_{поддона}$ = 100 м^2). После истечения ЖФ происходит выброс ПГФ. В избранном месте разгерметизации авария наиболее неблагоприятна и не поддается локализации и прекращению аварийного сброса ЖФ в поддон.
Скорость истечения ЖФ:

$$\omega = \beta \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0,4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{624,5}} = 17,53 \text{ м/с}.$$

Время полного истечения ЖФ:
$\tau = V_{ЖФ} / (F_{сеч} \cdot \omega)$ = 30 / (0,00196 · 17,53) = 871,82 с (14,53 мин).

Д.4.3.1 Энергия адиабатического расширения

$A = \beta_1 \cdot P \cdot V'$ = 1,42 · 600 · 20 = 17040 кДж,
где β_1 при $к$ = 1,33, P = 0,6 МПа.
Энергия сгорания ПГФ, содержащейся в блоке:
$G_1' \cdot q' = V_{0ПГФ} \cdot \rho_0 \cdot q'$ = 111,8089 · 1,8254 · 40172,64 = 8199071,54 кДж.
$E_1' = A + G_1' \cdot q'$ = 17040 + 8199071,54 = 8216111,84 кДж.
E_2' = 0 (приход ПГФ из смежных блоков отсутствует).

Д.4.3.2 Пролив ЖФ сопровождается его мгновенным вскипанием в связи с перегревом ЖФ относительно его температуры кипения ($t_{кип}$ = минус 23 °С).
Доля ЖФ, подвергающаяся «мгновенному» испарению за счет энергии перегрева ЖФ:
Δ = 1 – exp(–1,517 · 43 / 551,908) = 0,1115.

Количество ЖФ, подвергающееся «мгновенному» испарению:
$G_1'' = V_{ЖФ} \cdot \Delta \cdot \rho_{ж.ф.} = 30 \cdot 0{,}1115 \cdot 624{,}5 = 2088{,}47$ кг.
Энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегрева ЖФ:
$E_1'' = G_1'' \cdot q = 2088{,}47 \cdot 40172{,}64 = 83899456{,}54$ кДж.
$E_2'' = 0$ (нет экзотермических реакций).
$E_3'' = 0$ (нет теплопритока от внешних теплоносителей).

Д.4.3.3 Оставшийся объем ЖФ МАФ ($V_{ост.}'' = 30 \cdot (1 - 0{,}1115) = 26{,}66$ м^3) разливается по площади поддона, создает зеркало испарения 100 м^2:

Скорость испарения:

$m_и = 10^{-6} P_н \sqrt{M} = 10^{-6} \cdot 479{,}75 \sqrt{42.284} = 0{,}00312$ кг/(с·м^2),

где $P_н$ – давление насыщенных паров, рассчитанное по уравнению Антуана (см. раздел 1) по основному веществу (метилацетилен) при 293 К.

Содержимое поддона сливается через сливное устройство dy 150:
$F_{сеч.\ трапа\ поддона} = 0{,}01766$ м^2, $w_{слива} = 0{,}15$ м/с (принятая).
Время слива ЖФ с поддона:

$$\tau_2 = \frac{V''_{ост}}{w_{слива} \cdot F_{сеч.поддона}} = \frac{26{,}66}{0{,}15 \cdot 0{,}0176} = 10061{,}15 \text{ с (2,79 ч).}$$

Масса ПГФ, образующейся с поддона из пролитой жидкости за 1 ч:
$G_5'' = m_и \cdot F_{поддона} \cdot 3600 = 0{,}00312 \cdot 100 \cdot 3600 = 1123{,}06$ кг.
Фактически оставшаяся масса ЖФ составляет 16646,53 кг.
Таким образом, к расчету E_4'' принимается масса испарения ЖФ с площади поддона за 1 ч:
$G_5'' = 1123{,}06$ кг.
Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой ППФ за счет теплоотдачи от окружающей среды:
$E_4'' = G_5'' \cdot q$.
$E_4'' = 1123{,}06 \cdot 40172{,}64 = 45116115{,}54$ кДж.

Д.4.4 Полный потенциал блока

$E = E_1' + E_1'' + E_4''$.
$E = 15636829{,}05 + 153790590{,}63 + 45116115{,}54$.
$E = 137231683{,}92$ кДж.
Приведенная масса горючих газов: $m_{пр} = E / 46000 = 2983{,}3$ кг.
Относительный энергетический потенциал $Q_в = E^{1/3} / 16{,}534 = 31{,}2$.
Блок относится ко II категории взрывоопасности.

Д.4.5 Тротиловый эквивалент при $z = 0{,}1$ (наружная установка):

$$W_т = z \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{q_m}{4520} \cdot m_{пр} = 0{,}1 \cdot \frac{0{,}4}{0{,}9} \cdot \frac{40172{,}64}{4520} \cdot 2983{,}3 = 1178{,}43 \text{ кг.}$$

Д.4.6 Базовый радиус разрушений:

$$R_0 = W_т^{1/3} / \left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6} = 7{,}4 \text{ м.}$$

Д.4.7 Радиусы зон разрушений взрывной волной, м:
$R_1 = 28{,}2$; $R_2 = 42$; $R_3 = 71{,}3$; $R_4 = 208{,}45$; $R_5 = 416$.

Д.5 Прием, хранение и подача свежего ацетонитрила

Д.5.1 Исходные данные

В состав блока входит следующее оборудование:
Е-8 – емкость свежего ацетонитрила.
Среда – ацетонитрил (АЦН).
Температура – $T_{ср} = 20$ °С или 293 К.
Давление – $P_{ср} = 0{,}25$ МПа.
На входе в блок свежий АЦН – ручная арматура 319, dy 50, работает периодически.
На выходе АЦН из блока к насосам поз. Н-4/1,2– пневмоклапан-отсекатель ОК-22, HCSV-365, dy 50, $т_з = 20$ с.
Характеристика АЦН: $\rho_{о\ ПГФ} = 1{,}8327$ кг/м^3, $\rho_{ж.ф.} = 782$ кг/м^3 (20 °С); $q = 30818{,}7$ кДж/кг, $M = 41{,}053$, $\kappa = 1{,}0349$, $r = 763{,}647$ кДж/кг, $c_р = 2{,}265$ кДж/(кг·К), $t_{кип} = 81{,}8$ °С.

Д.5.2 Определение объема блока

Е-8

D = 1800 мм; H = 4680 мм; $V_г$ = 10 м^3; $T_{ср}$ = 293 К; P = 0,25 МПа;

$V_{ЖФ}$ = 10 · 0,6 = 6 м^3;

$V_{ПГФ}$ = 10 · 0,4 = 4 м^3;

$$V_0 = 4 \cdot \frac{273 \cdot 0{,}25}{293 \cdot 0{,}1} = 9{,}32 \text{ м}^3.$$

Для расчета потенциала блока 5 объем ЖФ и ПГФ трубопроводов принимаем 10 % от объема ЖФ и ПГФ оборудования.

Итого по блоку:

– геометрический объем ПГФ в блоке – 4,4 м^3;

– объем ПГФ (при н. у.) – 10,2491 м^3;

– объем ЖФ – 6 м^3 (масса ЖФ: G = 6 · 782 = 5161,2 кг).

Д.5.3 Расчет

При расчетной аварии происходит разгерметизация трубопровода на выходе ЖФ из Е-8 (dy 50, $F_{сеч}$ = 0,00196 м^2) перед отсекателем HCSV-365 (ОК-22) с проливом ЖФ в поддон ($F_{поддона}$ = 100 м^2). После истечения ЖФ происходит выброс ПГФ. В избранном месте разгерметизации авария наиболее неблагоприятна и не поддается локализации и прекращению аварийного сброса ЖФ в поддон.

Д.5.3.1 Энергия адиабатического расширения:

$A = \beta_1 \cdot P \cdot V'$ = 1,6 · 250 · 4,4 = 1760 кДж,

где β_1 при $к$ = 1,0349, P = 0,25 МПа.

$к$ – рассчитано по формуле

$$к = \frac{C_p}{C_p - \frac{3{,}14}{M}}.$$

Энергия сгорания ПГФ, содержащейся в блоке:

$G_1' \cdot q' = V_{0ПГФ} \cdot \rho_0 \cdot q'$ = 10,2491 · 1,8327 · 30818,7 = 57886,48 кДж.

$E_1' = A + G_1' \cdot q'$ = 1760 + 57886,48 = 580646,48 кДж.

E_2' = 0 (приход ПГФ из смежных блоков отсутствует).

E_1'' = 0 (нет перегрева ЖФ).

E_2'' = 0 (нет экзотермических реакций).

E_3'' = 0 (нет теплопритока от внешних теплоносителей).

Д.5.3.2 Скорость истечения ЖФ

$$\omega'' = \beta \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P}{\rho_{ЖФ}}} = 0{,}4 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}25 \cdot 10^6}{782}} = 10{,}1144 \text{ м/с}.$$

ЖФ АЦН разливается по площади поддона, создает зеркало испарения в 100 м^2.

Скорость испарения:

$m_и = 10^{-6} P_н \sqrt{M} = 10^{-6} \cdot 8{,}96 \sqrt{41{,}053}$ = 0,000057 кг/(с·м^2),

где $P_н$ – давление насыщенных паров, рассчитанное по уравнению Антуана по основному веществу (АЦН) при 293 К.

Содержимое поддона сливается через сливное устройство dy 150:

$F_{сеч.трапа\ поддона}$ = 0,01766 м^2, $w_{слива}$ = 0,15 м/с (принятая).

Время слива ЖФ с поддона по трапу:

$$\tau_2 = \frac{V''}{w_{слива} \cdot F_{сеч.трапа}} = \frac{6{,}6}{0{,}15 \cdot 0{,}0176} = 2491{,}15 \text{ с}.$$

Масса ПГФ, образующейся из пролитой жидкости за время слива с поддона:

$G_5'' = m_и \cdot F_{поддона} \cdot \tau_2$ = 0,000057 · 100 · 2491,15 = 14,31 кг.

Энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой ППФ за счет теплоотдачи от окружающей среды:

$E_4'' = G_5'' \cdot q$.

E_4'' = 14,31 · 30818,7 = 441026,69 кДж.

Д.5.4 Полный потенциал блока:
$E = E_1' + E_4''$.
E = 580646,48 + 441026,69 = 1021673,17 кДж.
Приведенная масса горючих газов: $m_{пр} = E/46000$ = 22,2 кг.
Относительный энергетический потенциал $Q_в = E^{1/3}/16,534$ = 6,1.
Блок относится к III категории взрывоопасности.
Д.5.5 Тротиловый эквивалент при z = 0,1 (наружная установка):

$$W_т = z \cdot \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{q_m}{4520} \cdot m_{пр} = 0,1 \cdot \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{30818.7}{4520} \cdot 22,2 = 6,73 \text{ кг.}$$

Д.5.6 Базовый радиус разрушений:

$$R_0 = W_т^{1/3} / \left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6} = 0,24 \text{ м.}$$

Д.5.7 Радиусы зон разрушений взрывной волной, м:
R_1 = 1; R_2 = 1,4; R_3 = 2,33; R_4 = 7; R_5 = 14.

Библиография

[1] Закон Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 10 января 2000 г. № 363-З (в ред. законов Республики Беларусь от 29.06.2006 № 137-З, от 20.07.2006 № 162-З)

[2] Строительные нормы Республики Беларусь
СНБ 1.03.02-96 Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве
Утверждены приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 04.04.2011 № 103

[3] Закон Республики Беларусь «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь» от 5 июля 2004 г. № 300-З

[4] Положение о порядке приемки в эксплуатацию объектов строительства
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 06.06.2011 № 716

[5] Указ Президента Республики Беларусь «О лицензировании отдельных видов деятельности» от 01.09.2010 № 450

[6] Перечень потенциально опасных объектов, производств и связанных с ними видов деятельности, подлежащих государственному надзору в области промышленной безопасности
Утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.06.2012 № 615 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 29.01.2013 № 66)

[7] Инструкция о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда
Утверждена постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28.11.2008 № 175

[8] Положение о комиссии республиканского органа государственного управления и иной государственной организации, подчиненной Правительству Республики Беларусь, для проверки знаний по вопросам охраны труда
Утверждена постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30.11.2008 № 210

[9] Инструкция о порядке проверки знаний законодательства в области промышленной безопасности, безопасности перевозки опасных грузов, охраны и рационального использования недр
Утверждена постановлением МЧС РБ от 08.01.2007 № 2

[10] Типовое положение об аттестации руководителей и специалистов организаций
Утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.05.2010 № 784

[11] Инструкция о порядке подготовки работников соискателей лицензии (лицензиатов) и оценки их знаний нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов в области промышленной безопасности
Утверждена постановлением МЧС РБ от 28.01.2011 № 6

[12] Инструкция о порядке выдачи удостоверения на право обслуживания потенциально опасных объектов
Утверждена постановлением МЧС РБ от 04.03.2013 № 13

[13] Инструкция о порядке проведения обязательных медицинских осмотров работающих
Утверждена постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28.04.2010 № 47 (в ред. постановления Минздрава от 26.04.2011 № 31)

[14] Правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах
Утверждены постановлением МЧС (в ред. постановлений МЧС от 14.04.2009 № 16) от 28.06.2000 № 11

[15] Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний
Утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15.01.2004 № 30 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., № 8, 5/13691)

[16] Положение о порядке технического расследования причин аварий и инцидентов на опасных производственных объектах
Утверждено постановлением МЧС от 28.06.2000 № 9 (в ред. постановлений МЧС от 19.04.2002 № 8, от 16.11.2007 № 10)

[17] Правила применения технических устройств на опасных производственных объектах
Утверждены постановлением МЧС от 28.06.2000 № 10 (в ред. постановлений МЧС от 14.04.2009 № 16, от 03.08.2009 № 39)

[18] Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
Утверждены МЧС от 27.12.2005 № 56 (в ред. постановлений МЧС от 13.12.2007 № 121)

[19] Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов
Утверждены постановлением МЧС от 21.03.2007 № 20 (в ред. постановлений МЧС от 01.12.2009 № 63, от 13.07.2010 № 33)

[20] IEC 61508
International Electrotechnical Commission
Functional Safety of Electrical / Electronic / Programmable Electronic Safety Related Systems

IEC 61508
Стандарт Международной электротехнической комиссии
«Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем, связанных с безопасностью»

[21] Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений» от 5 сентября 1995 г. № 3848-XII (в редакции законов Республики Беларусь от 20.07.2006 № 163-З, от 09.11.2009 № 53-З, от 04.01.2010 № 109-З)

[22] РМГ 63-2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации

[23] Правила устройства электроустановок ПУЭ (6-е изд.)
Утверждены Минэнерго СССР

[24] Строительные нормы Республики Беларусь
СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
Утверждены приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30.12.2003 № 259

[25] Правила устройства и эксплуатации средств защиты от статического электричества
Утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04.06.2007 № 50

[26] Правила по обеспечению безопасной перевозки опасных грузов автомобильным транспортом в Республике Беларусь
Утверждены постановлением МЧС РБ от 08.12.2010 № 61

[27] Правила перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума
Утверждены на 50-м заседании Совета по железнодорожному транспорту 22.05.2009

[28] Правила по обеспечению безопасной перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом по территории Республики Беларусь
Утверждены постановлением МЧС РБ от 28.12.2012 № 73

[29] Правила перевозок опасных грузов. Приложение 2 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС)

[30] Межотраслевая типовая инструкция по охране труда при выполнении работ внутри колодцев, цистерн и других емкостных сооружений
Утверждена постановлением Минтруда от 30.12.2008 № 214

[31] Правила пожарной безопасности Республики Беларусь
ППБ РБ 1.03-92 Правила пожарной безопасности и техники безопасности при проведении огневых работ на предприятиях Республики Беларусь
Утверждены ГУПО МВД Республики Беларусь от 31.07.1992

[32] РД 16.407-89 Электрооборудование взрывозащищенное. Ремонт
Утвержден Госгортехнадзором СССР

[33] Закон Республики Беларусь «Об охране труда» от 23.06.2008 № 356-З

[34] Трудовой кодекс Республики Беларусь от 26 июля 1999 г. № 296-З (в ред. законов Республики Беларусь от 19.07.2005 № 37-З, от 16.05.2006 № 118-З, от 29.06.2006 № 138-З, от 07.05.2007 № 219-З, от 20.07.2007 № 272-З, от 24.12.2007 № 299-З, от 06.01.2009 № 6-З, от 12.05.2009 № 19-З, от 06.07.2009 № 37-З, от 17.07.2009 № 48-З, от 09.11.2009 № 51-З, от 31.12.2009 № 114-З, от 30.12.2010 № 225-З)

[35] Межотраслевые правила по охране труда
Утверждены постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (далее – Минтруда и соцзащиты) (в ред. постановлений Минтруда и соцзащиты от 19.11.2007 № 150, от 30.09.2011 № 96) от 03.06.2003 № 70

[36] Межотраслевые правила по охране труда при работе в электроустановках
Утверждены постановлением Минтруда и соцзащиты и Министерства энергетики Республики Беларусь от 30.12.2008 № 205/59

Ответственный за выпуск *Т. В. Варивончик*

Сдано в набор 16.01.2014. Подписано в печать 31.01.2014. Формат бумаги 60×84/8. Бумага офсетная.
Гарнитура Arial. Печать ризографическая. Усл. печ. л. 10,34 Уч.-изд. л. 7,40 Тираж 2 экз. Заказ 170

Издатель и полиграфическое исполнение:
Научно-производственное республиканское унитарное предприятие
«Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации» (БелГИСС)
ЛИ № 02330/0552843 от 08.04.2009
ул. Мележа, 3, комн. 406, 220113, Минск.