



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

ДОКУМЕНТЫ НОРМАТИВНЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ,
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ОАО «ГАЗПРОМ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «ГАЗПРОМ»
К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРОВ
И ВЗРЫВОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ
КАСКАДНЫХ ЭФФЕКТОВ**

СТО Газпром 2-1.1-356-2009

Москва 2009

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ
УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОАО «ГАЗПРОМ» К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ
И ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ КАСКАДНЫХ ЭФФЕКТОВ**

СТО Газпром 2-1.1-356-2009

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

**Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов
и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»**

**Общество с ограниченной ответственностью
«Газпром экспо»**

Москва 2009

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН

Обществом с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов
и газовых технологий» – ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
с участием специалистов отдела специальных
программ ОАО «Газпром»

2 ВНЕСЕН

Отделом специальных программ ОАО «Газпром»

3 УТВЕРЖДЕН

распоряжением ОАО «Газпром»

И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ

от 30 декабря 2008 г. № 539

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Содержание

1	Область применения	1
2	Нормативные ссылки	2
3	Термины, определения, обозначения и сокращения	4
4	Общие положения	13
	4.1 Основные методы повышения устойчивости производственных объектов ОАО «Газпром»	13
	4.2 Общие рекомендации по повышению устойчивости	15
5	Нормативное обеспечение оценки устойчивости производственных объектов	17
	5.1 Объемно-планировочные решения	17
	5.2 Определение категории пожарной опасности зданий, сооружений и наружных установок	18
	5.3 Нормирование огнестойкости технологического оборудования	19
6	Показатели устойчивости технологического оборудования к воздействию пожаров и взрывов	19
	6.1 Основные подходы к оценке устойчивости оборудования к негативному действию пожаров и взрывов	19
	6.2 Показатели огнестойкости по группам технологического оборудования	22
	6.3 Основные подходы обеспечения взрывоустойчивости технологического оборудования	25
7	Состав средств и систем защиты для повышения надежности функционирования различных типов технологического оборудования ОАО «Газпром» при негативном воздействии пожаров и взрывов при авариях и чрезвычайных ситуациях	30
	7.1 Рекомендуемые средства противопожарной защиты	30
8	Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты	33
	8.1 Основные подходы к оценке экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты	33
	8.2 Методика технико-экономического обоснования мероприятий по повышению устойчивости технологического оборудования	35
	8.3 Определение критериев экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты (цена ущерба – цена предотвращения ущерба)	38

Приложение А (рекомендуемое) Методика оценки степени повышения устойчивости оборудования при применении средств и систем защиты	39
Приложение Б (рекомендуемое) Расчетные сценарии развития аварий на опасных производственных объектах ОАО «Газпром»	53
Библиография	79

Введение

Настоящий стандарт разработан с учетом требований Федерального закона от 15 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1], Федерального закона от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [2], Федерального закона от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [3], Федерального закона от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [4], а также в рамках реализации:

Перечня приоритетных научно-технических проблем ОАО «Газпром» на 2006–2010 гг., утвержденного Председателем Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллером (11.10.2005 г. № 01-106), в 6.1 «Разработка технологий, технических средств и организационных мероприятий, направленных на повышение экологической, промышленной, информационной и анти-террористической безопасности производственного комплекса Общества»;

договора между ОАО «Газпром» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» от 10 октября 2006 года № 0162-06-16 «Разработка нормативной базы по повышению устойчивости технологического оборудования к воздействию поражающих факторов пожаров и взрывов при авариях и чрезвычайных ситуациях на объектах добычи, транспорта и хранения природного газа и жидких углеводородов ОАО "Газпром"».

Стандарт предназначен для обоснования выбора строительных, технических и организационных мер защиты от негативных факторов пожаров и взрывов.

Настоящий стандарт разработан в целях:

- повышения уровня взрыво- и пожарной безопасности опасных производственных объектов ОАО «Газпром»;
- повышения уровня устойчивости функционирования технологического оборудования (элементов производственных систем) производственных объектов ОАО «Газпром» в условиях аварий, сопровождающихся пожарами и взрывами;
- выполнения требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- рационального использования ресурсов, направляемых на обеспечение пожарной безопасности производственных объектов ОАО «Газпром»;
- обеспечения сопоставимости процедур и результатов оценки устойчивости функционирования различных видов технологического оборудования и производственных систем в условиях развития аварий с пожарами и взрывами.

В настоящем стандарте, устанавливающем требования к мероприятиям и средствам защиты технологического оборудования производственных объектов ОАО «Газпром» от поражающих факторов пожаров и взрывов, учитывается специфика эксплуатации производственных

объектов, а также требования существующих стандартов и правил промышленной и пожарной безопасности РФ и ряда зарубежных стандартов и правил.

Стандарт содержит описание рекомендуемых методов и средств защиты технологического оборудования и производственных систем от негативных факторов пожара (взрыва), а также методику количественной оценки устойчивости функционирования технологического оборудования применительно к производственным предприятиям ОАО «Газпром».

Настоящий стандарт разработан впервые, часть используемых экспериментальных и расчетных методик требует времени на их апробацию и совершенствование, по этой причине положения стандарта носят рекомендательный характер.

Стандарт разработан коллективом авторов ООО «Газпром ВНИИГАЗ»:

С.А. Ковалев (к.т.н.) – руководитель темы,

Д.М. Захаренко (к.т.н.) – ответственный исполнитель,

В.С. Сафонов (д.т.н.), С.В. Ганага (к.т.н.), М.А. Киркин, Л.А. Богданова, А.В. Мельников, Е.Н. Желтиков, А.А. Петрулевич (к.т.н.), Т.В. Елаева, Т.В. Митрофанова – ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

СТАНДАРТ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «ГАЗПРОМ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО «ГАЗПРОМ» К ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОЖАРОВ И ВЗРЫВОВ
И ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ КАСКАДНЫХ ЭФФЕКТОВ**

Дата введения — 2009-11-30

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для оценки организационно-технических мероприятий в области повышения устойчивости технологического оборудования при воздействии негативных факторов аварий и инцидентов, сопровождающихся пожарами и взрывами.

1.2 Действие настоящего стандарта распространяется на вновь проектируемые и реконструируемые опасные производственные объекты дочерних обществ ОАО «Газпром», в том числе:

- производственные объекты добычи и подготовки газа к транспорту;
- технологические объекты линейной части магистральных газопроводов и конденсаторопроводов;
- компрессорные станции и газораспределительные станции магистральных газопроводов;
- станции подземного хранения газа;
- автомобильные газонаполнительные компрессорные станции;
- станции охлаждения газа.

1.3 Настоящий стандарт определяет термины и определения, методические подходы, а также процедуру и требования к мероприятиям, методам и средствам защиты от поражающих факторов аварий, сопровождающихся пожарами и взрывами, вызванных природными явлениями, техногенными факторами, в том числе неправомерными действиями третьих лиц.

1.4 Настоящий стандарт может использоваться на этапе обоснования инвестиций и при оформлении разделов проектной документации, в том числе раздела «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

1.5 Требования настоящего стандарта являются рекомендуемыми.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.002-80 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность.

Общие требования

ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность.

Общие требования

ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность.

Термины и определения

ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.2.020-76 Система стандартов безопасности труда. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 27483-87 (МЭК 695-2-1-80) Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания нагретой проволокой

ГОСТ 27484-87 (МЭК 695-2-2-80) Испытания на пожароопасность. Методы испытаний. Испытания горелкой с игольчатым пламенем

ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 30247.1-94 (ИСО 834-75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции

ГОСТ 30247.2-97 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Двери и ворота

ГОСТ Р 12.3.047-98 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля

ГОСТ Р 22.0.02-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий

ГОСТ Р 22.0.05-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения

ГОСТ Р 22.0.07-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров

ГОСТ Р 22.0.08-96 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Взрывы. Термины и определения

ГОСТ Р 22.10.01-2001 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Оценка ущерба. Термины и определения

ГОСТ Р 51330.11-99 (МЭК 60079-12-78) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам

ГОСТ Р 51330.9-99 (МЭК 60079-10-95) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон

ГОСТ Р МЭК 60331-11-2003 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. Часть 11. Испытательное оборудование. Воздействие пламени температурой не менее 750 °С

ГОСТ Р МЭК 60331-21-2003 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. Часть 21. Проведение испытаний и требования к ним. Кабели на номинальное напряжение до 0,6/1,0 кВ включительно

ГОСТ Р МЭК 60331-23-2003 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. Часть 23. Проведение испытаний и требования к ним. Кабели электрические для передачи данных

ГОСТ Р МЭК 60331-25-2003 Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Сохранение работоспособности. Часть 25. Проведение испытаний и требования к ним. Кабели оптические

СТО Газпром 2-1.1-094-2007 Перечень помещений, зданий и наружных установок объектов добычи и обустройства газовых месторождений ОАО «Газпром» с категориями по взрывопожарной и пожарной опасности

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

3.1 В настоящем стандарте применены термины в соответствии с Федеральным законом № 116-ФЗ [3], ГОСТ 12.0.002, ГОСТ 12.1.033, ГОСТ 12.1.020, ГОСТ 12.1.044, ГОСТ Р 22.0.02, ГОСТ Р 22.0.05, ГОСТ Р 22.0.07, ГОСТ Р 22.0.08, ГОСТ Р 22.10.01, ГОСТ Р 12.3.047, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **авария:** Разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

[Федеральный закон № 116-ФЗ [3], статья 1].

3.1.2 **авария на опасном производственном объекте ОАО «Газпром»:** Разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на действующих опасных производственных объектах ОАО «Газпром», неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ (природного газа, конденсата и т.д.), находящихся в технологических системах указанных объектов.

[ВРД 39-1.2-054-2002 [5], раздел «Термины и определения»]

3.1.3 **взрыв:** Неконтролируемый быстропротекающий процесс выделения энергии, связанный с физическим, химическим или физико-химическим изменением состояния вещества, приводящий к резкому динамическому повышению давления или возникновению ударной волны, сопровождающийся образованием сжатых газов, способных привести к разрушительным последствиям.

3.1.4 **взрывоустойчивость:** Свойства оборудования, строительных конструкций, транспортных средств, энергетических систем и линий связи противостоять благодаря запасу прочности и целесообразному расположению поражающему воздействию взрыва.

[ГОСТ Р 22.0.08-96, раздел 3]

3.1.5 **время полного реагирования:** Максимально возможное (проектное, паспортное) время реакции элемента (объекта) от момента получения командного импульса до перевода элемента в другое (крайнее) положение (состояние).

3.1.6 **идентификация опасностей аварии:** Процесс выявления и признания, что опасности аварии на опасном производственном объекте существуют, и определения их характеристик.

[РД 03-418-01 [6], раздел 2]

3.1.7 **инцидент**: отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, а также нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

[РД 09-398-01 [7], раздел 2]

3.1.8 **инцидент** на опасном производственном объекте ОАО «Газпром»: Механическое повреждение или проявление скрытого дефекта конструкции, отдельного элемента сооружений действующего опасного производственного объекта, отказ обслуживающих его систем (систем телемеханики, связи, энергоснабжения, электрохимической защиты или других), не повлиявшее на работоспособность объекта, но вызвавшее необходимость принятия нештатных действий, не предусмотренных планом технического обслуживания и ремонта, для восстановления его безопасного состояния.

[ВРД 39-1.2-054-2002 [5], раздел «Термины и определения»]

3.1.9 **категория пожарной опасности (здания, сооружения, помещения, пожарного отсека)**: Классификационная характеристика пожарной опасности объекта (здания, сооружения, помещения, пожарного отсека), определяемая количеством и пожароопасными свойствами находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов, размещенных в них производств.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.5, раздел 2]

3.1.10 **комбинированный способ огнезащиты**: Сочетания различных способов огнезащитной обработки.

3.1.11 **меры пожарной безопасности**: Действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности.

3.1.12 **нарушение требований пожарной безопасности**: Невыполнение или ненадлежащее выполнение требований пожарной безопасности.

3.1.13 **обеспечение пожарной безопасности**: Принятие и соблюдение нормативных правовых актов, правил и требований пожарной безопасности, а также проведение противопожарных мероприятий.

3.1.14 **объект огнезащиты**: Материал, конструкция или изделие, подвергаемые обработке средством огнезащиты с целью снижения их пожарной опасности и (или) увеличения огнестойкости.

3.1.15 **огнезащитная обработка:** Нанесение огнезащитного состава на поверхность объекта огнезащиты (окраска, обмазка, напыление и т.п.).

3.1.16 **огнезащитная эффективность:** Сравнительный показатель средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого испытания до достижения критической температуры (500 °С) стандартного образца стальной конструкции с огнезащитным покрытием и определяется по методу, изложенному в разделе 6 настоящих норм.

3.1.17 **огнезащитное покрытие:** Слой огнезащитного состава, полученный в результате обработки поверхности объекта огнезащиты.

3.1.18 **огнезащитный состав:** Вещество или смесь веществ, обладающие огнезащитной эффективностью и специально предназначенные для огнезащиты различных объектов.

3.1.19 **огнестойкость конструкции:** Способность конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.9, раздел 2]

3.1.20 **опасность аварии:** Угроза причинения ущерба человеку, имуществу и (или) окружающей среде вследствие аварии на опасном производственном объекте. Опасности опасных производственных объектов связаны с возможностью разрушения сооружений и(или) технических устройств взрывом и (или) выбросом опасных веществ с последующим причинением ущерба.

3.1.21 **опасный производственный объект; ОПО:** Организация или ее цеха, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

- получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые, токсичные, высокотоксичные вещества или вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды);

- используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более плюс 115 °С;

- используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

- ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

3.1.22 **опасный фактор пожара:** Фактор пожара, воздействие которого на людей и (или) материальные ценности может приводить к ущербу.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 1.2, раздел 1]

П р и м е ч а н и е – К таким факторам относятся повышенная температура, задымление, изменение состава газовой среды.

3.1.23 **пламя:** Зона горения в газовой фазе с видимым излучением.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 1.8, раздел 1]

3.1.24 **пожар:** неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

[Федеральный закон № 69-ФЗ [2], статья 1]

3.1.25 **пожарная безопасность:** Состояние защищенности населения, объектов народного хозяйства и иного назначения, а также окружающей природной среды от опасных факторов и воздействий пожара.

[ГОСТ Р 22.0.05-94, подпункт 3.3.2, пункт 3.3, раздел 3]

3.1.26 **пожарная безопасность здания** (сооружения, помещения, пожарного отсека): Состояние объекта, при котором меры предупреждения пожара и противопожарной защиты соответствуют нормативным требованиям.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.2, раздел 2]

3.1.27 **пожарная нагрузка:** Количество теплоты, отнесенное к единице поверхности пола, которое может выделиться в помещении или здании при пожаре.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.6, раздел 2]

3.1.28 **пожарная опасность здания** (сооружения, помещения, пожарного отсека): Состояние объекта, характеризующее вероятностью возникновения пожара и величиной ожидаемого ущерба.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.1, раздел 2]

3.1.29 **пожарная опасность материала (конструкции):** Свойство материала или конструкции, способствующее возникновению опасных факторов пожара и развитию пожара.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.4, раздел 2]

3.1.30 **последствия аварии:** Явления, процессы, события и состояния, обусловленные возникновением аварии на опасном производственном объекте (травмирование людей, нанесение ущерба владельцу, третьим лицам или окружающей среде).

3.1.31 предел огнестойкости конструкции: Показатель огнестойкости конструкции, определяемый временем от начала огневого испытания при стандартном температурном режиме до наступления одного из нормируемых для данной конструкции предельных состояний по огнестойкости.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 3.2, раздел 3]

3.1.32 предел огнестойкости строительных конструкций: Показатель огнестойкости, определяемый по времени (в минутах) наступления одного или последовательно нескольких нормируемых для данной конструкции признаков предельных состояний: потери несущей способности (R), потери целостности (E); потери теплоизолирующей способности (I).

Пр и м е ч а н и е – Пределы огнестойкости строительных конструкций и их условные обозначения устанавливаются по ГОСТ 30247.

3.1.33 предел функциональной огнестойкости: Показатель огнестойкости, определяемый по времени (в минутах) наступления полного или частичного отказа элемента технологического оборудования в условиях пожара при испытаниях в условиях стандартного температурного режима.

3.1.34 противопожарная дверь (ворота, окно, люк): Конструктивный элемент, служащий для заполнения проемов в противопожарных преградах и препятствующий распространению пожара в примыкающие помещения в течение нормируемого времени.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.11, раздел 2]

3.1.35 противопожарная преграда: Конструкция в виде стены, перегородки, перекрытия или объемный элемент здания, предназначенные для предотвращения распространения пожара в примыкающие к ним помещения в течение нормируемого времени.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.10, раздел 2]

3.1.36 противопожарное водоснабжение: Совокупность инженерно-технических средств и сооружений, обеспечивающих подачу воды для тушения пожара.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.3, раздел 2]

3.1.37 противопожарное мероприятие: Мероприятие организационного и (или) технического характера, направленное на соблюдение противопожарного режима, создание условий для заблаговременного предотвращения и (или) быстрого тушения пожара.

[ГОСТ Р 22.0.05-94, подпункт 3.3.7, пункт 3.3, раздел 3]

3.1.38 **противопожарный разрыв:** Нормируемое расстояние между зданиями и (или) сооружениями, устанавливаемое для предотвращения распространения пожара.

3.1.39 **противопожарный режим:** правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания помещений (территорий), обеспечивающие предупреждение нарушений требований пожарной безопасности и тушение пожаров.

[Федеральный закон № 69-ФЗ [2], статья 1].

3.1.40 **путь эвакуации:** Безопасный при эвакуации людей путь к эвакуационному выходу или месту размещения спасательных средств.

3.1.41 **работоспособное состояние (работоспособность):** Состояние объекта, при котором он способен выполнять все или часть заданных функций в полном или частичном объеме.

3.1.42 **разрушение:** Событие, заключающееся в деформировании, изменении геометрических размеров конструкций или отдельных элементов технологической системы (с возможным разделением их на части) в результате силовых, термических или иных воздействий, сопровождающееся нарушением работоспособности объекта.

3.1.43 **распространение пламени:** Распространение пламенного горения по поверхности веществ и материалов.

[СТ СЭВ 383-87, подпункт 1.2.4, пункт 1.2, раздел 1]

3.1.44 **техногенный риск;** риск: Мера опасности, характеризующая возможность (ожидаемую частоту) возникновения аварий и тяжесть их последствий.

3.1.45 **скорость распространения пламени:** Расстояние, пройденное фронтом пламени в единицу времени.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 3.5, раздел 3]

3.1.46 **средство огнезащиты:** Огнезащитный состав или материал, обладающий огнезащитной эффективностью и специально предназначенный для огнезащиты различных объектов.

3.1.47 **стандартный температурный режим:** Режим изменения температуры во времени при испытании конструкций на огнестойкость, устанавливаемый стандартом.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 3.1, раздел 3]

3.1.48 степень огнестойкости здания, сооружения, пожарного отсека: Классификационная характеристика объекта, определяемая показателями огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.8, раздел 2]

3.1.49 сценарий аварии: Последовательность отдельных логически связанных событий, обусловленных конкретным иницирующим (исходным) событием, приводящих к определенным опасным последствиям аварии.

3.1.50 требования пожарной безопасности: Специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

[Федеральный закон № 69-ФЗ [2] , статья 1].

3.1.51 устойчивость объекта: Способность объекта при воздействии негативных факторов пожаров и взрывов выполнять производственные функции в запланированном объеме и номенклатуре, предусмотренных соответствующими планами работы объекта в условиях ЧС, а также способность объекта к восстановлению производства в минимальные сроки в случае получения повреждений.

3.1.52 ущерб от пожара: Жертвы пожара и материальные потери, являющиеся следствием пожара.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 1.3, раздел 1]

3.1.53 функциональная огнестойкость: Способность оборудования выдерживать воздействие негативных факторов пожара в течение заданного времени, определяемого пределом функциональной огнестойкости с полным или частичным сохранением работоспособности (сохранение работоспособности в условиях пожара).

3.1.54 эвакуационный выход: Выход, ведущий в безопасную при пожаре зону.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.20, раздел 2]

3.1.55 эвакуация людей: Вынужденный процесс движения людей из зоны, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара.

[СТ СЭВ 383-87, пункт 2.19, раздел 2]

3.1.56 **эксплуатирующая организация:** Юридическое лицо, осуществляющее эксплуатацию объектов ОАО «Газпром».

3.2 В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

АВО – аппарат воздушного охлаждения;

АБК – административно-бытовой корпус;

АГНКС – автомобильная газонаполнительная компрессорная станция;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;

АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения;

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения;

БППП – блок подсобно-производственных помещений;

ВКПР – верхний концентрационный предел распространения пламени;

ВУВ – воздушная ударная волна;

ГГ – горючий газ;

ГЖ – горючая жидкость;

ГИС – газоизмерительная станция;

ГКМ – газоконденсатное месторождение;

ГКС – головная компрессорная станция;

ГПА – газоперекачивающий агрегат;

ГРП – газораспределительный пункт;

ГС – газовая смесь;

ГЩУ – главный щит управления;

ДКС – дожимная компрессорная станция;

ДПД – добровольная пожарная дружина;

ДЭС – дизельная электростанция;

ЖФ – жидкая фаза;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

КТП – комплектная трансформаторная подстанция;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость;

МИЖУ – модуль изотермический жидкой углекислоты;

ММП – многолетнемерзлые породы;

НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени;

НКТ – насосно-компрессорные трубы;

НПБ – нормы пожарной безопасности;

НС – насосная станция;

НТС – низкотемпературная сепарация;
ОВ – опасное вещество;
ОПО – опасный производственный объект;
ОТР – основные технические решения;
ПГФ – парогазовая фаза;
ПИ – пожарный извещатель;
ПК – предохранительная конструкция, предохранительный клапан;
ПЛА – план ликвидации аварии;
ПЛАС – план ликвидации аварийной ситуации;
ПЛАРН – план ликвидации аварийных разливов нефти;
ППА – пункт переключающей арматуры;
ППКПиУ – прибор приемно-контрольный пожарный и управления;
ПЭБ – производственно-эксплуатационный блок;
СОГ – система охлаждения газа;
СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией;
СПХГ – станция подземного хранения газа;
СТУ – специальные технические условия;
ТДА – турбодетандерный агрегат;
УКПГ – установка комплексной подготовки газа;
ФА – фонтанная арматура;
ЧС – чрезвычайная ситуация.

4 Общие положения

4.1 Основные методы повышения устойчивости производственных объектов ОАО «Газпром»

Обеспечение устойчивости функционирования опасного производственного объекта является многостадийным (многоэтапным) процессом, включающим следующие этапы:

- предварительный анализ опасностей и угроз нормальному функционированию элементов оборудования и объекта в целом при возникновении аварий, сопровождающихся пожарами (взрывами);
- предварительное ранжирование опасностей в зависимости от степени потенциального воздействия поражающих факторов, возникающих при пожарах и взрывах;
- разработка сценариев возможных аварий и чрезвычайных ситуаций;
- анализ уязвимых мест (звеньев технологической цепи, повреждение которых приводит к серьезным нарушениям производственного цикла или к угрозе безопасности персонала, населения) в производственно-технологической схеме ОПО;
- сопоставление достаточности проектных защитных мер от опасностей, выявленных для уязвимых мест и ожидаемых масштабов воздействия поражающих факторов;
- формулирование целей защиты и определение мер защиты технологического оборудования;
- разработка комплекса инженерно-технических мероприятий по защите технологического оборудования производственного объекта;

В отношении элементов производственно-технологической схемы производственного объекта должны предусматриваться и разрабатываться меры по минимизации и ликвидации ущерба, в том числе превентивные меры, с помощью которых можно избежать возникновения серьезных аварий или максимально ограничить их последствия.

4.1.1 Организационные методы повышения устойчивости объектов ОАО «Газпром»

К организационным методам повышения устойчивости объектов ОАО «Газпром» относятся следующие мероприятия:

- определение и нормирование специальных требований по огнестойкости и взрывостойкости (взрывозащите) к технологическому оборудованию, строительным конструкциям и сооружениям, инженерным сетям;
- нормирование методик в области проведения специальных, в том числе сертификационных испытаний на огнестойкость оборудования;
- определение и нормирование специальных требований по обеспечению устойчивости функционирования технологического оборудования в условиях воздействия негативных фак-

торов пожаров (взрывов) к проектированию производственных объектов (в т.ч. в области объемно-планировочных решений) в виде ОТР, СТУ;

- разработка регламентов с указанием специальных требований к обслуживанию оборудования, зданий, сооружений, инженерных сетей (регламентные работы, периодические испытания, опробования, оперативные тренировки и т.п.);

- разработка руководящих документов по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛА, ПЛАС, ПЛАРН и т.п.);

- обучение и аттестация персонала на знание требований безопасности, действиям в условиях развития аварий и ЧС.

- определение и нормирование специальных требований к средствам индивидуальной и коллективной защиты.

4.1.2 Технические методы повышения устойчивости объектов ОАО «Газпром»

К техническим методам повышения устойчивости объектов ОАО «Газпром» относятся следующие мероприятия:

- использование конструкций из материалов повышенной механической прочности и пониженной пожарной опасности;

- использование огнезащитных покрытий;

- использование ограждающих конструкций (стены, экраны) с нормируемыми показателями огнестойкости и пожарной опасности;

- использование технических решений (легкосбрасываемые конструкции, разрывные мембраны, взрыворазрядители, огнепреградители и т.п.) в конструкции технологического оборудования, зданий, сооружений, инженерных сетей;

- использование средств и систем раннего обнаружения аварийных ситуаций (газоанализаторы, детекторы утечек, извещатели пожарные и т.п.);

- использование систем противовзрывной и противопожарной защиты (систем противоаварийной, пожарной автоматики и т.п.);

- резервирование элементов и контуров систем противоаварийной, противопожарной защиты;

- резервирование запасов огнетушащих средств;

- использование средств экстренного сброса (удаления) ОВ, в том числе горючей загрузки технологического оборудования (специальные резервуары, баки, факельные системы и т.п.);

- резервирование элементов и систем технологического оборудования (модульное, контурное);

- ограничение объемов ОВ, ГГ, ЛВЖ и ГЖ, хранящихся на территории ОПО;

- подземное хранение ОВ, ЛВЖ и ГЖ; применение обвалования, поддонов;

- сооружение защитных оболочек вокруг емкостей с ОВ, ЛВЖ и ГЖ;
- применение автоматических устройств, блокировок на технологических линиях;
- устройство ловушек, направленных стоков для приема разлившихся ОВ, ЛВЖ и ГЖ;
- создание во взрывопожароопасных зонах инертной среды;
- предотвращение образования взрывоопасных смесей при пожарах;
- автоматический контроль и регулирование состава технологических смесей;
- установка автоматических устройств для подавления взрыва (обнаружения, тушения пожаров);
- создание противопожарных разрывов;
- применение (замена) вместо одного технологического блока, содержащего в себе предельное количество ОВ, нескольких с меньшим содержанием ОВ;
- применение кабелей в оболочке, не поддерживающей горение;
- разделение силовых и контрольных кабелей противопожарными перегородками;
- прокладка кабелей в стальных водогазопроводных трубах или стальных сплошных коробах;
- покрытие кабелей огнезащитным составом;
- разделение кабельных потоков с взаиморезервируемыми кабелями.

4.2 Общие рекомендации по повышению устойчивости

4.2.1 Устойчивость производственных объектов ОАО «Газпром» к воздействию негативных факторов пожаров и взрывов зависит от ряда условий и в первую очередь определяется:

- правильностью определения категорий зданий, сооружений и наружных установок ОПО по взрывопожарной и пожарной опасности согласно требованиям НПБ 105-03 [8] для последующего принятия организационно-технических решений;
- правильностью разделения промышленной площадки ОПО на пожаровзрывоопасные зоны, включая определение размеров зон по ГОСТ Р 12.3.047, и адекватностью проведенной классификации этих зон по требованиям гл. 7.3 Правил устройства электроустановок [9] и/или по ГОСТ Р 51330.9 для последующего принятия организационно-технических решений;
- огнестойкостью элементов оборудования, систем связи и управления и инженерно-технического комплекса объекта (зданий, сооружений, оборудования, энергетических устройств, коммуникаций и т.д.);
- степенью резервирования (дублирования) основных элементов систем управления, относящихся к критической инфраструктуре ОПО (технологических, противоаварийных, пожарного водоснабжения, электроснабжения и т.д.);

- объемом материальных запасов и средств для проведения аварийно-восстановительных мероприятий;

- наличием специальных формирований (пожарных, противоаварийных, ДПД и т.п.), подготовленных для ликвидации возможных аварий;

- применением специальных инженерно-технических мероприятий, направленных на защиту отдельных зданий и сооружений либо способствующих быстрой локализации распространения опасных факторов аварии в границах одного объекта (обвалование, защитные стены, каре и т.п.).

4.2.2 При анализе устойчивости ОПО производится:

- оценка устойчивости основного технологического оборудования и элементов инженерно-технического комплекса к воздействию поражающих факторов пожара или взрыва;

- определение характера и степени возможных поражений (при этом учитывается возможность образования вторичных факторов аварий от разрушения зданий, сооружений и технологического оборудования);

- оценка надежности функционирования основного технологического оборудования и элементов инженерно-технического комплекса в условиях пожаров и взрывов;

- оценка устойчивости управления технологическим процессом в условиях пожаров и взрывов;

- изучение возможностей восстановления производства в случае повреждения или уничтожения части оборудования.

4.2.3 При анализе устойчивости ОПО производится выявление наиболее аварийно-опасных либо взрывопожароопасных мест в технологической цепи и инженерно-техническом комплексе и определяется, какие участки этих систем требуют разработки и проведения организационных или инженерно-технических мероприятий.

4.2.4 Повышение устойчивости объектов заключается в проведении организационных и инженерно-технических мероприятий, направленных на снижение потерь и разрушений при авариях, сопровождающихся пожарами и взрывами, а также на создание условий для проведения работ по восстановлению нарушенного производства.

4.2.5 При создании новых, реконструкции (расширении) существующих ОПО необходимо учитывать требования к их размещению, а также к размещению составляющих этих объектов:

- выбор площадок для размещения объектов и их составляющих с учетом рельефа, грунтовых и климатических условий, а также других особенностей местности;

- исключение (ограничение) размещения составляющих объекта на неблагоприятных участках местности;

- рассредоточение составляющих крупных объектов, ограничение расширения крупных производств;
- ограничение размещения ОПО в зонах опасных природных явлений и размещение их на удалении от других объектов;
- вынос наиболее важных составляющих объектов и пунктов управления за пределы зон возможных разрушений при наиболее вероятной аварийной ситуации с учетом обоснования экономической целесообразности этого решения;
- соблюдение нормативных расстояний от объектов социальной инфраструктуры (населенных пунктов, железных дорог, магистральных автодорог и т.п.).

4.2.6 Планирование и проведение мероприятий, направленных на повышение устойчивости работы объектов, должно осуществляться только после проведения оценки экономической целесообразности мероприятий, выполненной на основании требований настоящего стандарта.

5 Нормативное обеспечение оценки устойчивости производственных объектов

5.1 Объемно-планировочные решения

5.1.1 Устойчивость ОПО в условиях пожаров (взрывов) обеспечивается в том числе применением на стадии проектирования специальных объемно-планировочных решений, направленных на предотвращение распространения пожара. Применение указанных решений регламентируется рядом нормативных документов:

- ГОСТ 12.1.004;
- ГОСТ 12.1.10;
- ГОСТ Р 12.3.047;
- СНиП 21-01-97* [10];
- СНиП 31-03-2001 [11];
- МДС 21-1.98 [12];
- ВНТП 01/87/04-84 [13];
- ВНТП 3-85* [14];
- ВУП СНЭ – 87 [15].

5.1.2 При проектировании новых строительных объектов, при реконструкции, ремонте и изменении функционального назначения зданий и помещений; при определении достаточной защищенности от пожара для эксплуатируемых зданий, при заключении договоров страхования от пожара строящихся и эксплуатируемых объектов рекомендуется использовать СНиП 21-01-97* [10], а также другие нормативные документы, регламентирующие специаль-

ные требования. Здания и сооружения целесообразно проектировать, как правило, из легких металлических конструкций с повышением при необходимости их огнестойкости путем применения огнезащитных составов или других технических средств.

5.1.3 Объемно-планировочные решения и затраты на противопожарную защиту зданий и сооружений должны предусматриваться исходя из функционального назначения здания и гарантии безопасности людей, находящихся в нем. Гарантия безопасности людей и минимизация суммы экономического ущерба от пожара достигаются при соответствии степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания классу функциональной пожарной опасности.

По СНиП 21-01-97* [10] здания и части зданий (помещения или группы помещений), функционально связанных между собой, по функциональной пожарной опасности подразделяются на классы в зависимости от способа их использования и от того, в какой мере безопасность людей в них в случае возникновения пожара находится под угрозой, с учетом их возраста, физического состояния, возможности пребывания в состоянии сна, вида основного функционального контингента и его количества. Для ОПО ОАО «Газпром» характерны здания следующих классов:

Ф3.2 здания столовых;

Ф4.3 здания административно-бытовые, учреждения органов управления (АБК, ПРУ);

Ф4.4 пожарные депо;

Ф5.1 производственные здания и сооружения, производственные и лабораторные помещения, мастерские;

Ф5.2 складские здания и сооружения, стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта, книгохранилища, архивы, складские помещения.

5.1.4 Предел огнестойкости и класс конструктивной пожарной опасности применяемых строительных конструкций устанавливается в соответствии со СНиП 21-01-97* (таблицы 4, 5) [10].

5.2 Определение категории пожарной опасности зданий, сооружений и наружных установок

5.2.1 Категории пожарной опасности помещений определяются в зависимости от характера и объема пожарной нагрузки по таблице 1 НПБ 105-03 [8] с учетом требований СТО Газпром 2-1.1-094-2007.

5.2.2 Критерии определения категории наружных установок по пожарной опасности приводятся в таблице 7 НПБ 105-03 [8] с учетом требований СТО Газпром 2-1.1-094-2007.

5.3 Нормирование огнестойкости технологического оборудования

5.3.1 Определение огнестойкости клапанов, задвижек и иных элементов запорно-регулирующей запорной арматуры должно проводиться на основании требований международного стандарта ISO 10497 [16] либо зарубежного стандарта API 607 [17].

5.3.2 Для определения огнестойкости шкафов, внутри которых располагается электрооборудование, распределительные устройства, средства автоматики и т.д., следует пользоваться ГОСТ 30247.0, где в качестве пределов огнестойкости рассматриваются потеря целостности (E) и потеря теплоизолирующей способности (I). В качестве предельного состояния в этом случае рассматривается повышение температуры на внутренней (необогреваемой) поверхности шкафа (конструкции) до предельных для данного оборудования значений (паспортная максимальная температура эксплуатации). Кроме того, при определении огнестойкости шкафов следует пользоваться положениями НПБ 237-97* [18] для определения огнестойкости кабельных вводов.

5.3.3 Определение огнезащитной эффективности составов для металлоконструкций должно проводиться по НПБ 236-97 [19].

5.3.4 Требования к противопожарным преградам определяются по СНиП 21-01-97* [10] и МДС 21-1.98 [12].

5.3.5 Определение огнезащитной эффективности кабельных покрытий производится по НПБ 238-97* [20].

5.3.6 Испытания на сохранение работоспособности кабельных систем в условиях пожара должны производиться по следующим стандартам:

- ГОСТ Р МЭК 60331-11, ГОСТ Р МЭК 60331-21, ГОСТ Р МЭК 60331-23, ГОСТ Р МЭК 60331-25 (огнестойкость кабеленесущих систем должна определяться по ГОСТ 30247.1-94);
- DIN 4102-12 [21].

6 Показатели устойчивости технологического оборудования к воздействию пожаров и взрывов

6.1 Основные подходы к оценке устойчивости оборудования к негативному действию пожаров и взрывов

6.1.1 Под устойчивостью производственного объекта в условиях ЧС принято понимать его способность выполнять производственные функции в объемах, предусмотренных соответствующими планами для условий ЧС.

6.1.2 Производственный объект ОАО «Газпром» представляет собой сложный инженерно-экономический комплекс, и его устойчивость к негативному действию пожаров и взрывов напрямую зависит от устойчивости составляющих элементов: зданий и сооружений

производственных цехов, элементов систем обеспечения (инженерных систем), элементов системы управления производством, связи.

6.1.3 Степень огнестойкости здания (сооружения, пожарного отсека) определяется как классификационная характеристика объекта, определяемая показателями огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций.

6.1.4 Для технологического оборудования настоящим стандартом вводится понятие функциональной огнестойкости, эквивалентное понятию «сохранение работоспособности» в условиях пожара.

6.1.5 Для оценки огнестойкости элементов технологического оборудования вводится показатель – предел функциональной огнестойкости, обозначаемый F15, F30, F45, F60, F90, где цифры после буквы «F» показывают время в минутах сохранения работоспособности технологического элемента (единицы оборудования, системы и т.п.) в условиях воздействия негативных факторов пожара.

6.1.6 Требования к сохранению работоспособности в условиях пожара прежде всего должны предъявляться к средствам противоаварийной и противопожарной защиты. Провода и кабели соединительных линий СОУЭ следует прокладывать в строительных конструкциях, коробах, каналах из негорючих материалов или иных материалов, при использовании которых должно выполняться требование: время до отказа работы соединительных линий СОУЭ превышает время эвакуации людей из здания [22].

6.1.7 В настоящее время не существует отечественной и зарубежной нормативной базы, определяющей в полном объеме требования и показатели функциональной огнестойкости элементов технологического оборудования. Поэтому на период разработки нормативно-методических требований по определению пределов функциональной огнестойкости технологического оборудования рекомендуется пользоваться положениями, приведенными в таблице 6.1.

Т а б л и ц а 6.1 – Определение предела функциональной огнестойкости для различных видов оборудования

Наименование объекта (элемента оборудования)	Рекомендации по определению предела функциональной огнестойкости	Значение предела функциональной огнестойкости
1 Запорная трубопроводная арматура (клапаны)	При наличии сертификатов о соответствии требованиям ISO 10497 [16], либо API 607 [17]	F30

Продолжение таблицы 6.1

Наименование объекта (элемента оборудования)	Рекомендации по определению предела функциональной огнестойкости	Значение предела функциональной огнестойкости
2 Кабельные системы (электрические, оптические кабели и кабеленесущие конструкции)	При наличии сертификатов о соответствии требованиям DIN 4102-12 [21] E30, E60, E90	F30, F60, F90
	При наличии сертификатов ГОСТ Р МЭК 60331-21, ГОСТ Р МЭК 60331-23, ГОСТ Р МЭК 60331-25 по времени воздействия пламени, установленному в нормативном документе на конкретный кабель	F15, F30, F45, F60, F90
3 Шкафы (КИПиА, распределительные и т.д.)	При наличии сертификатов о соответствии требованиям ГОСТ 30247.0 и НПБ 237-97* [18] (см. 5.3.2)	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
4 Трубопроводы	Предел F определяется по максимальному проектному времени развития пожара	F(max)
4.1 Трубопроводы подземные		
4.2 Трубопроводы наружные в защитной оболочке	Определяется по ГОСТ 30247.0, где в качестве пределов огнестойкости рассматриваются потеря целостности (E) и потеря теплоизолирующей способности (I) защитной оболочки. В качестве предельного состояния (I) рассматривается повышение температуры на внутренней (необогреваемой) поверхности оболочки до предельных для данного трубопровода значений (паспортная максимальная температура эксплуатации) EI15, EI30, EI45, EI60, EI90 и т.д.	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
5 Водопроводы (включая пожарные)	Предел F определяется по максимальному проектному времени развития пожара	F(max)
5.1 Водопроводы подземные		

Окончание таблицы 6.1

Наименование объекта (элемента оборудования)	Рекомендации по определению предела функциональной огнестойкости	Значение предела функциональной огнестойкости
5.2 Водопроводы наружные без защитной оболочки	Для заполненных водой трубопроводов предел огнестойкости соответствует проектному времени, в течение которого обеспечивается нормативный расход воды от основного водопитателя	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
6 Оборудование, размещаемое в противопожарных зонах, отсеках	Предел F определяется по пределу огнестойкости противопожарных дверей (ворот) EI15, EI30, EI45, EI60, EI90 и т.д.	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
7 Оборудование, размещаемое в шкафах с нормируемой огнестойкостью	Определяется по требованиям п. 3 настоящей таблицы, исходя из максимальной паспортной температуры эксплуатации оборудования	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
8 Оборудование, снабженное средствами тепловой защиты (специальные огнезащитные покрытия, маты, оболочки и т.п.)	Определяется по ГОСТ 30247.0, аналогично п. 4.2 настоящей таблицы. EI15, EI30, EI45, EI60, EI90 и т.д.	F15, F30, F45, F60, F90 и т.д.
9 Оборудование, снабженное средствами орошения	Предел F соответствует паспортному (проектному) времени орошения оборудования	F (проектное время орошения)

6.2 Показатели огнестойкости по группам технологического оборудования

6.2.1 Требования к значениям пределов функциональной огнестойкости, рекомендованные настоящим стандартом для различных групп технологического оборудования, базируются на анализе актов расследований происходивших ранее аварий с пожарами и взрывами, на данных исследований, приведенных в научно-технических отчетах, а также характеристик огнестойкости оборудования, приведенных в российских и зарубежных стандартах.

6.2.2 Требования по пределу функциональной огнестойкости на скважинах и кустах скважин, предъявляемые к соответствующим группам технологического оборудования, приведены в таблице 6.2.

Т а б л и ц а 6.2 – Требуемые показатели функциональной огнестойкости по группам оборудования на скважинах и кустах скважин

Наименование группы технологического оборудования	Требования к пределу функциональной огнестойкости
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура	F30
Кабели силовые электрические	F15
Кабели сигнальные (линии управления) электрические и оптические	F15
Элементы управления КИПиА	F15
Импульсные трубки и элементы пневмоавтоматики	F15
Приводы и исполнительные механизмы противоаварийной и противопожарной автоматики	F15
Технологические трубопроводы (продуктопроводы)	F30
Соединительные детали (фитинги) трубопроводов	F30

6.2.3 Требования к пределам огнестойкости по группам технологического оборудования на сборных газопроводах не предъявляются.

6.2.4 Требования к пределам огнестойкости по группам технологического оборудования на УКПГ и НС приведены в таблице 6.3.

Т а б л и ц а 6.3 – Требуемые показатели функциональной огнестойкости по группам оборудования на УКПГ и НС

Наименование группы технологического оборудования	Требования к пределу функциональной огнестойкости
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура	F30
Кабели силовые электрические	F30
Кабели сигнальные (линии управления) электрические и оптические	F30*
Элементы управления КИПиА	F15
Импульсные трубки и элементы пневмоавтоматики	F15
Приводы и исполнительные механизмы противоаварийной и противопожарной автоматики	F15
Технологические трубопроводы (продуктопроводы)	F60
Соединительные детали (фитинги) трубопроводов	F60
Емкостное оборудование (сепараторы, пылеуловители)	F60
Теплообменное оборудование (АВО)	F60
* Время работы кабельных соединительных линий СОУЭ должно превышать время эвакуации людей из помещения.	

6.2.5 Требования к пределам огнестойкости по группам технологического оборудования на КС, КС СПХГ, ГКС, ДКС приведены в таблице 6.4.

Т а б л и ц а 6.4 – Требуемые показатели функциональной огнестойкости по группам оборудования КС, КС СПХГ, ГКС, ДКС

Наименование группы технологического оборудования	Требования к пределу функциональной огнестойкости
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура	F30
Кабели силовые электрические	F15
Кабели сигнальные (линии управления) электрические и оптические	F30*
Элементы управления КИПиА	F15
Импульсные трубки и элементы пневмоавтоматики	F15
Приводы и исполнительные механизмы противовазварийной и противопожарной автоматики	F15
Технологические трубопроводы (продуктопроводы)	F30
Соединительные детали (фитинги) трубопроводов	F30
Емкостное оборудование (сепараторы, пылеуловители)	F60
* Время работы кабельных соединительных линий СОУЭ должно превышать время эвакуации людей из помещения.	

6.2.6 Требования к пределам огнестойкости по группам технологического оборудования на ГРС, АГНКС, ГИС приведены в таблице 6.5.

Т а б л и ц а 6.5 – Требуемые показатели функциональной огнестойкости по группам оборудования

Наименование группы технологического оборудования	Требования к пределу функциональной огнестойкости
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура	F30
Кабели силовые электрические	F15
Кабели сигнальные (линии управления) электрические и оптические	F15*
Элементы управления КИПиА	F15
Импульсные трубки и элементы пневмоавтоматики	F15
Приводы и исполнительные механизмы противовазварийной и противопожарной автоматики	F15
Технологические трубопроводы (продуктопроводы)	F30
Соединительные детали (фитинги) трубопроводов	F30
Крановые узлы	F45
Отводы (пробоотборники)	F15
* Время работы кабельных соединительных линий СОУЭ должно превышать время эвакуации людей из помещения.	

6.2.7 Требования огнестойкости по группам технологического оборудования на линейной части конденсатопровода не предъявляются.

6.2.8 Требования по пожарной безопасности на резервуарных парках установлены в СНиП 2.11.03-93 [23], СП 21-104-98 [24], ПОТ Р М-021-2002 [25].

6.2.9 Требования огнестойкости по группам технологического оборудования на линейной части магистральных газопроводов вблизи (в пределах радиуса распространения поражающих факторов пожара при авариях) крановых узлов приведены в таблице 6.6.

Т а б л и ц а 6.6 – Требуемые показатели функциональной огнестойкости по группам оборудования на линейной части магистральных газопроводов

Наименование группы технологического оборудования	Требования к пределу функциональной огнестойкости
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура	F30
Кабели силовые электрические	F15
Кабели сигнальные (линии управления) электрические и оптические	F15
Элементы управления КИПиА (по огнестойкости шкафного оборудования либо по огнестойкости помещения, здания, отсека)	F15
Импульсные трубки и элементы пневмоавтоматики	F15
Приводы и исполнительные механизмы противаварийной и противопожарной автоматики	F15
Технологические трубопроводы (продуктопроводы)	F30
Соединительные детали (фитинги) трубопроводов	F30
Крановые узлы	F45

6.3 Основные подходы обеспечения взрывоустойчивости технологического оборудования

6.3.1 Взрывобезопасность зданий и сооружений, технологического оборудования и составляющих объекта согласно требованиям ГОСТ 12.1.010 должна обеспечиваться:

- системой предотвращения взрыва (взрывопреупреждение);
- системой противовзрывной защиты (взрывозащита).

6.3.2 Мероприятия по взрывозащите должны обеспечивать защиту обслуживающего персонала, технологического оборудования, а также зданий и сооружений от опасных и вредных воздействий взрыва, основными из которых являются:

- максимальное избыточное давление $P_{\text{ф}}$;
- импульс ударной волны;

- обрешающиеся конструкции зданий, оборудования, коммуникаций и разлетающиеся их части;

- опасные факторы пожара (открытый огонь и искры, токсичные продукты горения, дым и т.д.);

- образовавшиеся при взрыве и (или) выделившиеся из поврежденного оборудования вредные вещества, содержание которых в воздухе рабочей зоны превышает предельно допустимые концентрации.

6.3.3 К строительным мероприятиям по взрывопреупреждению и взрывозащите относятся:

- рациональная (оптимальная с точки зрения взрывобезопасности) планировка территории объекта;

- расположение на ней технологических установок, зданий и сооружений, обеспечивающее эффективное проветривание и исключающее образование зон возможного скопления взрывоопасных паров и газов;

- размещение зданий административного, хозяйственно-бытового назначения вне зоны опасной интенсивности воздействия взрывной волны;

- рациональное взаимное размещение технологических установок и производственных зданий с учетом воздействия на них взрывной волны, исключающее возможность последовательного (каскадного) развития аварии;

- устройство защищенных пунктов управления технологическими процессами во взрывоопасных зданиях (операторные);

- использование предохранительных (легкосбрасываемых) конструкций (остекления окон и фонарей, открывающихся наружу створок оконных переплетов, дверей, ворот, легко-сбрасываемых стеновых панелей, разрывных панелей и других видов мембранных предохранительных устройств);

- ограничение разлива жидкости при возможных авариях (устройство обвалования, использование поддонов и т.д.);

- обоснованный выбор материалов и устройство поверхностей (твердых покрытий), снижающих скорость теплоотдачи, ограничивающих количество испарившейся жидкости и пр.;

- размещение технологического оборудования на открытых этажерках и площадках и т.д.;

- применение флегматизаторов и абсорбентов.

6.3.4 Мероприятия по обеспечению взрывоустойчивости здания или снижению нагрузок от взрыва должны определяться на основе технико-экономического сравнения альтернативных вариантов, при реализации которых однозначно обеспечивается выполнение задан-

ных требований и сопоставимость по целевому эффекту. Объем стоимостных и натуральных показателей мероприятий должен сравниваться с показателями, характеризующими последствия взрывов с учетом вероятности их возникновения, т.е. величиной возможного ущерба.

6.3.5 Обеспечение взрывоустойчивости при внешних аварийных взрывах ГС может осуществляться по двум направлениям:

- снижением избыточного давления $P_{\text{ф}}$, за счет удаления зданий, сооружений с ответственным оборудованием и наличием персонала от потенциальных источников взрыва ГС;
- повышением прочности и устойчивости конструкций к действию динамических нагрузок от воздушной волны взрыва ГС.

При разработке оптимальных решений по обеспечению взрывоустойчивости зданий при внешних аварийных взрывах ГС рекомендуется учитывать оба указанных направления.

6.3.6 Для снижения избыточного давления, возникающего при внутренних аварийных взрывах, используются предохранительные (легкосбрасываемые) конструкции: стекла глухого остекления (в том числе с двойным остеклением) помещений и открывающихся внутрь створок оконных переплетов (разрушающиеся ПК), открывающиеся наружу створки оконных переплетов, двери и ворота (вращающиеся ПК), а также легкосбрасываемые стеновые панели и облегченные плиты покрытий помещений (смещающиеся ПК). Стеновые панели могут быть запроектированы как вращающиеся ПК. Стеклопакеты и армированное стекло в качестве ПК применять не рекомендуется.

6.3.7 Предохранительные конструкции согласно требованиям СНиП 31-03-2001 [11] устанавливаются в помещениях категорий А и Б.

6.3.8 С помощью ПК избыточное давление в помещении при аварийном взрыве снижается до допустимой величины ($P_{\text{доп}}$). Площадь ПК должна определяться исходя из требований СНиП 31-03-2001 [11].

При проектировании зданий взрывоопасных производств максимальное избыточное давление принимают, как правило, от 3 до 5 кПа. Нижнее значение максимального избыточного давления соответствует зданиям, конструкции которых не рассчитаны на воздействие аварийного взрыва.

При уменьшении $P_{\text{доп}}$ площадь предохранительных конструкций должна увеличиваться исходя из требований СНиП 31-03-2001 [11].

6.3.9 Применение смещающихся ПК в виде легкосбрасываемых стеновых панелей следует предусматривать в тех случаях, когда это не представляет опасности для людей, находящихся вблизи здания, в котором устанавливаются ПК.

6.3.10 Если проемы перекрываемых ПК по требуемой площади не могут быть размещены в стенах здания и фонарях, то их следует располагать в покрытии взрывоопасного помеще-

ния; при этом легкобрасываемые покрытия могут быть достаточно эффективными только при сравнительно большом значении избыточного давления взрыва.

6.3.11 Несущие, ограждающие и выгораживающие конструкции зданий, подвергающиеся действию избыточного давления $P_{доп}$ при внутреннем аварийном взрыве, должны быть рассчитаны с учетом этого давления.

6.3.12 Объемно-планировочные и конструктивные решения.

6.3.12.1 Форма взрывоопасных помещений должна быть по возможности геометрически простой. Элементы несущих, ограждающих и выгораживающих конструкций, а также оборудование не должны приводить к значительной интенсификации взрывного горения ГС вследствие заужения сечений помещений на пути распространения пламени. При сравнении вариантов объемно-планировочных решений предпочтение следует отдавать такому из них, для которого при прочих равных условиях интенсификация взрывного горения ГС будет наименьшей.

6.3.12.2 При разработке объемно-планировочных решений взрывоопасных помещений Пособием [26] рекомендуется, чтобы линейные размеры их по длине, ширине и высоте не более чем в пять раз отличались один от другого.

6.3.12.3 Предохранительные конструкции следует размещать как можно ближе к ожидаемым местам воспламенения горючей смеси, образующейся в аварийных ситуациях во взрывоопасном помещении.

6.3.12.4 При отсутствии данных о местах возможного воспламенения ГС в помещениях, линейные размеры которых по длине, ширине и высоте не более чем в три раза отличаются один от другого, ПК следует размещать равномерно по площади стен помещения, а при необходимости и в его покрытии в соответствии с Пособием [26] либо исходя из проверенных расчетов.

6.3.12.5 В сильно вытянутых в длину помещениях ПК располагают, как правило, в боковых стенах по длине помещения, а также в его покрытии. В помещениях, имеющих большую высоту (более 6 м), ПК размещают преимущественно в их стенах.

6.3.13 Согласно ПБ 08-624-03 [27] для взрывоопасных технологических процессов должны предусматриваться автоматические системы регулирования и противоаварийной защиты, предупреждающие образование взрывоопасной среды и другие аварийные ситуации при отклонении от предусмотренных регламентом предельно допустимых параметров во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние.

6.3.14 Для взрывопожароопасных технологических систем, оборудование и трубопроводы которых в процессе эксплуатации подвергаются вибрации, в проекте необходимо преду-

смагивать меры по ее снижению, исключению возможности значительного (аварийного) перемещения, сдвига, разрушения оборудования и разгерметизации систем.

6.3.15 При пуске в работу или остановке оборудования (аппаратов, участков трубопроводов и т.п.) должны предусматриваться меры по предотвращению образования в технологической системе взрывоопасных смесей (продувка инертным газом, контроль за эффективностью продувки и т.д.), а также пробок в результате гидратообразования или замерзания жидкостей.

6.3.16 Температура наружных поверхностей оборудования и кожухов теплоизоляционных покрытий не должна превышать 80 % от температуры самовоспламенения наиболее пожароопасного продукта.

6.3.17 Оборудование, средства КИПиА, устройства освещения, сигнализации и связи, предназначенные для использования во взрывоопасных зонах, должны предусматриваться во взрывозащищенном исполнении и иметь уровень защиты, соответствующий классу взрывоопасной зоны, и вид взрывозащиты, соответствующий категориям и группам взрывоопасных смесей.

Эксплуатация электрооборудования при неисправных средствах взрывозащиты, блокировках, нарушениях схем управления и защиты не допускается.

6.3.18 Молниезащита взрывоопасных производств

6.3.18.1 Согласно требованиям РД 34.21.122-87 [28] для защиты от вторичных проявлений молний и разрядов статического электричества вся металлическая аппаратура, резервуары, газопроводы, продуктопроводы, сливноналивные устройства, вентиляционные системы, расположенные как внутри помещений, так и вне их, должны быть подсоединены к заземляющему контуру.

6.3.18.2 Отдельно установленные аппараты и резервуары должны иметь самостоятельные заземлители или присоединяться к общему заземляющему контуру. Запрещается последовательное соединение заземляющим проводником нескольких аппаратов или резервуаров.

6.3.18.3 Эстакады для трубопроводов в начале и конце, а также через промежутки длиной от 200 до 300 метров должны быть электрически соединены с проходящими по ним трубопроводами и заземлены.

6.3.19 Проектирование опасных производственных объектов должно осуществляться в соответствии с требованиями нормативных документов в области защиты от статического электричества. Работы должны производиться с применением искробезопасного оборудования и инструментов. Специальная одежда, предназначенная для использования на взрывопожароопасных объектах (взрывопожароопасных участках производства), должна быть изготовлена из термостойких и антистатичных материалов.

7 Состав средств и систем защиты для повышения надежности функционирования различных типов технологического оборудования ОАО «Газпром» при негативном воздействии пожаров и взрывов при авариях и чрезвычайных ситуациях

7.1 Рекомендуемые средства противопожарной защиты

7.1.1 На объектах ОАО «Газпром» в соответствии с критериями организации подразделений пожарной охраны, определяемыми в порядке, установленном в стандарте ОАО «Газпром», необходимо предусматривать создание пожарной охраны. При этом следует учитывать требования Федерального закона № 69-ФЗ [2].

7.1.2 В соответствии с требованиями статьи 21 Федерального закона № 69-ФЗ [2] для объектов в обязательном порядке должны быть разработаны планы тушения пожаров, предусматривающие решения по обеспечению безопасности людей.

7.1.3 Все производственные, складские, вспомогательные и административные здания и сооружения объектов, а также отдельные помещения и технологические установки должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с ППБ 01-03 [29], которые могут быть использованы для локализации и ликвидации пожаров в их начальной стадии.

Помещения, оборудованные автоматическими стационарными установками пожаротушения, обеспечиваются огнетушителями на 50 %, исходя из их расчетного количества.

7.1.4 Для недопущения аварий, связанных с разрушением оборудования и трубопроводов, поступлением в атмосферу большой массы газа и связанных с ней взрывов и пожаров следует предусмотреть:

- систему безопасности, к числу которых относится система автоматики, обеспечивающая поддержание технологического режима в заданных пределах;
- систему автоматического управления с дистанционным контролем оператора, которая может своевременно отрегулировать процесс, а в аварийных ситуациях — отключить установку или часть оборудования;
- систему защит, блокировок и автоматического аварийного отключения установок;
- защиту оборудования от превышения давления с помощью предохранительных клапанов и разрывных предохранительных мембран.

7.1.5 В целях противопожарной защиты следует предусматривать оснащение помещений, оборудования (технологических установок), прилегающих территорий системами автоматической пожарной сигнализации и системами автоматического пожаротушения.

7.1.6 На ОПО должна предусматриваться установка системы оповещения людей о пожаре в соответствии с НПБ 104-03 [22] (с учетом приказа МЧС России от 07.02.2008 № 57 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 20.06.2003 № 323»).

7.1.7 АУПС следует оборудовать все здания и помещения площадочных объектов УКПГ и КС независимо от площади, кроме помещений:

- с мокрыми процессами (душевые, санузлы, охлаждаемые камеры, помещения мойки и т.п.);
- вентиляционные камеры (приточные, а также вытяжные, не обслуживающие производственные помещения категории А и Б), насосные водоснабжения, бойлерные и др. помещения для инженерного оборудования, в которых отсутствуют горючие материалы;
- категорий В4 и Д по пожарной опасности;
- лестничные клетки;
- категории Г.

АУПТ и АУПС должны быть интегрированы в комплекс АСУТП и системы безопасности объекта.

7.1.8 На площадочных объектах – УКПГ, КС, СОГ и других – должна предусматриваться противопожарная защита АУПТ, АУПС и первичными средствами пожаротушения.

7.1.9 Для тушения пожаров в помещениях следует применять АУГП с использованием диоксида углерода.

Критерием выбора установок газового пожаротушения является объем защищаемого объекта. При объемах менее 1200 м³ целесообразно применение установок на основе модулей газового пожаротушения высокого давления (во взрывозащищенном исполнении, при размещении внутри взрывоопасных зон вид взрывозащиты должен определяться в соответствии с классом зоны по ПУЭ [9], с электромагнитным пуском).

При защищаемом объеме свыше 1200 м³ целесообразно применение установки газового пожаротушения низкого давления на основе изотермических модулей жидкой углекислоты емкостью от 5 до 25 м³ диоксида углерода. Заданный температурный режим в установке должен поддерживаться автоматически.

7.1.10 Для обеспечения необходимого быстродействия АУГП при тушении масла и газа системы автоматического пожаротушения рекомендуется оснащать оптическими извещателями пламени, работающими в инфракрасном диапазоне.

7.1.11 Для ликвидации пожаров в кабельных коллекторах, электротехнических шкафах и в помещениях пультовых с электронным оборудованием рекомендуется использовать углекислый газ.

Тушить пожар с использованием углекислого газа можно как по всему объему, так и локально по объему. Локальный по объему способ применяется, как правило, при тушении компактно расположенного технологического оборудования, находящегося в большом по объему производственном помещении. По всему объему подачу углекислого газа целесообразнее использовать для тушения в индивидуальных укрытиях.

7.1.12 Критериями выбора конкретного типа АУГП являются условия их размещения и величина защищаемого объема. Сравнительный анализ установок высокого и низкого давления для различных значений защищаемых объемов целесообразно вести по следующим показателям:

- количество модулей в установке;
- занимаемая площадь;
- занимаемый объем;
- стоимость установки.

7.1.13 При анализе вариантов противопожарной защиты должны использоваться данные по сертифицированным установкам.

7.1.14 При реконструкции и проектировании объектов установок комплексной подготовки газа следует заменять установки пожаротушения пеной средней кратности на дренчерные установки автоматического пожаротушения с использованием водного раствора фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя АFFF.

Быстродействие дренчерной установки автоматического пожаротушения с использованием водного раствора фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя должно быть не более 30 секунд.

Алгоритм работы автоматических установок пожаротушения должен определяться в соответствии с НПБ 88-2001* [30].

7.1.15 В таблице 7.1 приведены рекомендуемые технические средства противопожарной защиты для объектов УКПГ (включая ДКС и ГКС).

Т а б л и ц а 7.1 – Рекомендуемые средства защиты зданий, помещений, сооружений и оборудования средствами АУПС и АУПТ*

Объект	Техническое решение по противопожарной защите объекта
Технологический корпус сепарации и замера газа	АУПС, кольца водяного орошения колонных аппаратов
Технологический корпус подготовки газа	АУПС, кольца орошения
Технологический корпус стабилизации конденсата и регенерации метанола	АУПТ при площади более 300 м ² менее 300 м ² – АУПС
Блок подсобно-производственных помещений (БППП)	АУПС
Печи подогрева газа собственных нужд ПГ-30	АУПТ
Установка сепараторов -пробкоуловителей	Кольца водяного орошения колонных аппаратов
Теплообменники «газ-газ»	АУПС
Низкотемпературные сепараторы	Кольца водяного орошения
Блок вспомогательных помещений	АУПС
ГРП	АУПС
КТП	АУПС при категории В2 – В3, и площади менее 1000 м ² , при категории В1 – менее 300 м ²

Окончание таблицы 7.1

Объект	Техническое решение по противопожарной защите объекта
Дизельная электростанция (ДЭС)	АУПТ
Подстанция 110/10 кВ	АУПС при категории В2–В3 и площади менее 1000 м ² , В1 – менее 300 м ² АУПТ при категории В1 и площади более 300 м ²
Насосная метанола и конденсата	АУПТ
Насосная масел	Для определения технических решений по защите помещения следует руководствоваться п. 4 приказа ОАО «Газпром» от 26.01.2000 № 7 [31]
Компрессорный цех из 4 агрегатов ГПА-25 «Урал»	АУПТ
Насосная масел (при исполнении в виде блоков-боксов и блоков -контейнеров)	АУПТ
КТП АВО газа	АУПС при категории В2–В3
Дизельная электростанция (ДЭС)	АУПТ
Установка подготовки топливного, пускового и импульсного газа	АУПС
ПЭБ	АУПС
Компрессорный цех из 6 агрегатов ГПА-16 ДКС «Урал»	АУПТ
Дизельная электростанция (ДЭС)	АУПТ
* Состав рекомендуемых средств может быть изменен в соответствии с требованиями, определяемыми вновь вводимыми распорядительными документами ОАО «Газпром» и федеральных органов власти РФ.	

8 Методические рекомендации по оценке экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты

8.1 Основные подходы к оценке экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты

8.1.1 Эффективность мероприятий, направленных на предотвращение распространения пожара, допускается оценивать технико-экономическими расчетами, основанными на требованиях по ограничению прямого и косвенного ущерба от пожаров. В выполняемом при этом анализе пожарной опасности зданий могут быть использованы расчетные сценарии, основанные на соотношении временных параметров развития и распространения опасных факторов пожара, эвакуации людей и борьбы с пожарами СНиП 21-01-97* [10].

8.1.2 Экономически обоснованное соотношение величины ущерба от возможных пожаров и расходов на противопожарные мероприятия в зданиях и сооружениях (п. 4.1 СНИП 21-01-97* [10]) может достигаться, если при решении вопроса пожарной безопасности выполняется сравнение вариантов используемых средств с точки зрения как их стоимости, так и возможных экономических последствий пожара. Выполнение экономического анализа может производиться для выбора варианта технических решений и мероприятий, оговоренных нормативными требованиями, при выборе мероприятий, компенсирующих отступление от действующих норм и правил; при заключении договоров страхования объектов от пожаров.

8.1.3 Оценка экономической эффективности в настоящем стандарте основана на применении новых подходов в обеспечении пожарной безопасности, включающих анализ опасности возникновения и распространения пожара, расчет возможных экономических последствий пожара, выбор средств и способов технических средств по противопожарной защите, адекватных угрозе взрыва и пожара, обеспечивающих минимизацию суммы экономического ущерба и затрат на противопожарную защиту.

8.1.4 В состав технико-экономических обоснований должны входить следующие основные этапы работ:

- оценка пожарной опасности объекта по вероятности возникновения пожара и возможной продолжительности пожара с учетом величины пожарной нагрузки;
- построение расчетных сценариев пожара;
- расчет вероятностных годовых потерь;
- оценка эффективности мероприятий и степени повышения устойчивости при применении защитных средств (оценка степени повышения устойчивости может выполняться по методике, рекомендуемой в приложении А);
- выбор решения исходя из соотношения затрат на специальную защиту и прогнозируемой величины ущерба.

8.1.5 Оценка масштабов пожара по величине пожарной нагрузки, ее размещению в помещении и характеристикам помещений производится по ГОСТ Р 12.3.047.

8.1.6 Расчетные сценарии аварий, сопровождающихся пожарами (взрывами), разрабатываются на основе типовых сценариев, приведенных в приложении Б.

Сценарии позволяют объективно оценить угрозу пожара и учитывать влияние на процесс пожара тех или иных строительных противопожарных мероприятий, наличие в здании стационарных средств пожаротушения, расположение и техническое оснащение пожарных подразделений.

8.1.7 В настоящем стандарте предлагается в развитие метода оценки экономической эффективности систем пожарной безопасности, приведенного в ГОСТ 12.1.004 (приложе-

ние 4), методика технико-экономического обоснования специальных мероприятий для производственных объектов различного назначения.

8.1.8 Результаты расчетов, выполненных в соответствии с этой методикой, следует рассматривать как данные для сравнительной оценки вариантов проектных решений при применении различных технических решений и средств пожарной защиты.

8.1.9 СНиП 21-01-97 [10] позволяют для большинства ОПО выполнять построение расчетных сценариев возможных пожаров, используя показатель пожарной опасности для оценки распространения пожара и участия в горении строительных конструкций, а показатель огнестойкости конструкций и эквивалентной продолжительности пожара — для определения времени, по истечении которого происходят обрушение, прогрев и потеря целостности несущих и ограждающих конструкций.

8.2 Методика технико-экономического обоснования мероприятий по повышению устойчивости технологического оборудования

8.2.1 С учетом характеристик функциональной огнестойкости (сохранение работоспособности в условиях пожара) технологического оборудования экономическая эффективность и возможный ущерб от пожара может быть рассчитан не только для зданий, строительных конструкций и сооружений, но и для производственно-технологического комплекса в целом.

8.2.2 Эффективность мероприятия по повышению устойчивости определяется на основе сопоставления притоков и оттоков денежных средств, связанных с реализацией принимаемого решения по обеспечению заданного уровня устойчивости производственно-технологического комплекса в условиях воздействия негативных факторов пожаров (взрывов).

8.2.3 Притоком денежных средств является получение средств за счет предотвращения материальных потерь от пожара (взрыва), рассчитываемых как ожидаемые материальные потери от пожара (взрыва) при выполнении специальных мероприятий (проектируемый вариант), и сравнения их с ожидаемыми материальными потерями при его отсутствии (базовый вариант).

8.2.4 Оттоком денежных средств являются затраты, связанные с выполнением специального мероприятия.

8.2.5 Критерием экономической эффективности специального мероприятия (совокупности мероприятий) является получаемый от его реализации интегральный экономический эффект (И), учитывающий материальные потери от пожаров, а также капитальные вложения и затраты на выполнение мероприятия. Интегральный экономический эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному интервалу планирования с учетом стоимости финансовых ресурсов во времени, которая определяется

нормой дисконта, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами.

Выбор наиболее эффективного решения осуществляется исходя из условия

$$И = > \max. \quad (1)$$

8.2.5 Интегральный экономический эффект для постоянной нормы дисконта определяется по формуле

$$И = \sum_{t=0}^T (\Pi_t - O_t) / (1 + \text{НД})^t, \quad (2)$$

где Π_t – предотвращение потерь денежных средств при пожаре в течение интервала планирования в результате использования специальных мероприятий на t шаге расчета;

O_t – оттоки денежных средств на выполнение специальных мероприятий на том же шаге;

T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода), равный номеру шага расчета, на котором производится окончание расчета;

$И = (\Pi_t - O_t)$ – эффект, достигаемый на t шаге;

t – (шаг) год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

Или по формуле

$$И = \sum_{t=0}^T (M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - P_2 + P_1) \frac{1}{(1 + \text{НД})^t} - (K_2 - K_1), \quad (3)$$

где $M(\Pi_1)$ и $M(\Pi_2)$ – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

K_1 и K_2 – капитальные вложения на осуществление специальных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

P_2 и P_1 – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t году, руб./год.

В качестве расчетного периода T принимается либо срок службы производственно-технологического комплекса, либо иной более короткий обоснованный период.

8.2.6 Эксплуатационные расходы по вариантам в t году определяются по формуле

$$P = A + \Theta, \quad (4)$$

где A – затраты на амортизацию систем специальных мероприятий, руб./год;

\mathcal{E} – эксплуатационные затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год.

8.2.7 При расчете денежные потоки шага t приводятся к начальному моменту времени через коэффициент дисконтирования. Для года t коэффициент дисконтирования при постоянной норме дисконта имеет вид

$$D = 1/(1 + \text{НД})^t. \quad (5)$$

Коэффициент дисконтирования для года t при изменяющейся по годам норме дисконта определяется по формуле

$$\begin{aligned} \text{при } t = 0, \quad D &= 1, \\ \text{при } t > 0, \quad D &= 1 / \prod_{k=1}^t (1 + \text{НД}_k). \end{aligned} \quad (6)$$

8.2.8 При отсутствии статистических данных ожидаемые материальные годовые потери от пожаров и взрывов $M(\Pi)$ рассчитываются исходя из стоимости здания и технологии, размеров повреждений, вероятности возникновения и тушения пожара средствами, предусматриваемыми для пожарной защиты объекта.

8.2.9 Стоимость здания и технологической части определяется по проектным материалам, при их отсутствии — по укрупненным показателям.

8.2.10 Коэффициент k , учитывающий косвенные потери, определяется по статистическим данным для аналогичных объектов как отношение косвенных потерь к прямым. В величину косвенных потерь следует включать:

- капитальные затраты на восстановление основных фондов;
- заработную плату за время простоя;
- оплату демонтажных работ и разборку строительных конструкций;
- потери части условно-постоянных накладных расходов;
- потери от недополучения прибыли из-за невыпуска продукции;
- потери из-за недоставки продукции;
- потери предприятия с учетом сопряженности работы производств;
- «репутационные» потери.

8.2.11 Для расчета потерь от пожаров и взрывов необходима оценка количественных показателей, характеризующих длительность и интенсивность воздействия пожара и позволяющих установить размеры его развития, повреждения здания и технологического оборудования.

При оценке потерь рекомендуется использовать РД 03-496-02 [32], а также Методические рекомендации [33].

8.3 Определение критериев экономической эффективности мероприятий с применением средств и систем защиты (цена ущерба – цена предотвращения ущерба)

8.3.1 Критерием экономической эффективности является экономический эффект И. Если экономический эффект И от использования специального мероприятия положителен, решение является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Если при решении будет получено отрицательное значение И, инвестор понесет убытки, т.е. проект неэффективен.

Приложение А (рекомендуемое)

Методика оценки степени повышения устойчивости оборудования при применении средств и систем защиты

А.1 Определение устойчивости элемента технологического оборудования

А.1.1 Оценка степени повышения устойчивости оборудования при применении средств и систем защиты проводится по следующей методике. В основу методики положено использование показателя (коэффициента) устойчивости элемента системы (единица технологического оборудования, звено технологической цепи, участок и т.п.).

Показатель устойчивости элемента является функцией ряда показателей, в баллах, и определяется по формуле:

$$K_{уэ} = K_{пб} \cdot K_{фн} \cdot K_{о}, \quad (A.1)$$

где $K_{уэ}$ – показатель устойчивости оборудования (элемента, объекта);

$K_{пб}$ – показатель пожарной безопасности;

$K_{фн}$ – показатель функциональной независимости;

$K_{о}$ – показатель огнестойкости;

А.1.2 Определение показателя пожарной безопасности для помещений.

С учетом требований НПБ 105-03 [8] показатель пожарной опасности ($K_{пб}$) для оборудования, размещенного в производственных помещениях, определяется по таблице А.1.

Т а б л и ц а А.1 – Определение показателя пожарной опасности

Категория пожарной опасности по НПБ 105-03 [8]	$K_{пб}$		Примечание
	Интенсивность аварийного истечения		
А	1	более 50 кг/с	В зависимости от объема пожарной нагрузки
	2	от 30 до 50 кг/с	
	3	от 10 до 30 кг/с	
	4	менее 10 кг/с	
В1	4		
В2	5		
В3	6		
В4	7		
Г	9		
Д	10		

А.1.3 Определение показателя пожарной опасности для наружных установок

С учетом требований НПБ 105-03 [8] показатель пожарной опасности ($K_{пб}$) для оборудования, размещенного на открытых площадках, определяется по таблице А.2.

Т а б л и ц а А.2 – Определение показателя пожарной опасности

Категория пожарной опасности по НПБ 105-03 [8]	$K_{пб}$		Примечание
A_n	2	более 50 кг/с	В зависимости от объема пожарной нагрузки
	3	от 30 до 50 кг/с	
	4	от 10 до 30 кг/с	
	5	менее 10 кг/с	
B_n	7		
Γ_n	10		
D_n	10		

А.1.4 Определение показателя функциональной независимости (т.е. влияние отказа рассматриваемого элемента на нормальное безопасное функционирование других элементов системы) производится исходя из требований предотвращения каскадного развития аварий. Показатель функциональной независимости элемента (системы) показывает, насколько отказ одного рассматриваемого элемента влияет на работоспособность системы в целом. Показатель функциональной независимости ($K_{фн}$) определяется по формуле

$$K_{фн} = K_{от} \cdot K_{рез} \cdot K_{конт}, \quad (A.2)$$

где $K_{от}$ – коэффициент влияния отказа (при полном отказе системы приравнивается единице, при частичном отказе – от 2 до 3, в зависимости от степени нарушения функционирования системы);

$K_{рез}$ – коэффициент резервирования (дублирования) системы (численно равен количеству имеющихся дублирующих систем);

П р и м е ч а н и е – При определении $K_{рез}$ для автоматических пожарных извещателей должно учитываться требование контроля зоны не менее чем двумя извещателями, например, если зона контролируется тремя извещателями, $K_{рез}$ не может быть более 1,5.

$K_{конт}$ – коэффициент контурного резервирования (при наличии элементов кольцевого исполнения, например кольцевой водопровод, кольцевая автодорога, принимается от 1,5 до 2,0 в зависимости от удаленности, при отсутствии таковых – 1).

А.1.4 Показатель огнестойкости, K_o , определяется как отношение предела функциональной огнестойкости к сумме времени полного реагирования (срабатывания клапана, опо-

рождения емкости, стравливания ОВ в факельную линию и т.п.) элемента системы и времени обнаружения пожара (по проекту).

А.1.5 Расчет K_o производится следующим образом:

$$K_o = F_{(мин)} / (K_{впр} + K_{во}) \quad (A.3)$$

где $F_{(мин)}$ – предел функциональной огнестойкости элемента, мин.

П р и м е ч а н и е – Для оборудования, снабженного средствами орошения, в качестве предела огнестойкости принимается время, в течение которого обеспечивается непрерывное орошение оборудования с заданной интенсивностью с учетом аварийного запаса воды.

$K_{впр}$ – время полного реагирования (срабатывания клапана, опорожнения емкости, стравливания газа в факельную линию и т.п.) элемента системы, мин.

$K_{во}$ – время от момента возникновения очага пожара до его регистрации средствами пожарной автоматики (сигнализации), мин.

А.1.6 Значение предела функциональной огнестойкости (сохранения работоспособности в условиях пожара) принимается по данным, содержащимся в технической документации на элемент системы (единицу оборудования), при наличии сведений о результатах испытаний на огнестойкость либо исходя из рекомендаций, содержащихся в таблице 6.1. настоящего стандарта.

А.1.7 Определение времени полного реагирования рекомендуется производить по таблице А.3.

А.1.8 Для пожарных извещателей показатель огнестойкости определяется по таблице А.4.

Т а б л и ц а А.3 – Определение времени полного реагирования

Наименование элемента	Определение времени полного реагирования
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура (клапаны, задвижки и т.п.) с автоматическим управлением	Время от момента обнаружения пожара (взрыва) плюс инерционность автоматических противоаварийных/противопожарных систем* плюс максимальное время срабатывания, т.е. полного открытия (закрытия) клапана
Запорно-регулирующая трубопроводная арматура (клапаны, задвижки и т.п.) с ручным или дистанционным управлением	Время от момента обнаружения пожара (взрыва)* плюс инерционность противоаварийных/противопожарных систем* плюс максимальное время доступа персонала к элементу управления плюс максимальное время полного открытия (закрытия) клапана вручную (дистанционно)
Приводы и исполнительные механизмы противоаварийной и противопожарной автоматики	Время от момента обнаружения аварии (пожара, взрыва) плюс инерционность противоаварийных/противопожарных систем* плюс максимальное время срабатывания, т.е. полного открытия (закрытия) клапана

Окончание таблицы А.3

Наименование элемента	Определение времени полного реагирования
Емкостное и колонное оборудование	Время от момента обнаружения пожара (взрыва) плюс инерционность автоматических противоаварийных/противопожарных систем* плюс максимальное время срабатывания, т.е. полного открытия (закрытия) клапана плюс время полного опорожнения (сброса) опасного вещества в специальные емкости либо на факельную линию
Прочее оборудование при наличии систем пожарной автоматики	Проектное время локализации (ликвидации) пожара установками автоматического пожаротушения (по функциональному назначению установки)
Прочее оборудование при отсутствии систем пожарной автоматики	Время подъезда пожарных подразделений

Примечание – *Включая время задержки, предусматриваемое для эвакуации персонала из опасной зоны, например при применении газового пожаротушения.

Таблица А.4 – Определение коэффициента огнестойкости для автоматических ПИ

Наименование элемента оборудования	Коэффициент огнестойкости, K_o
Автоматический пожарный извещатель в пластмассовом корпусе	5
Автоматический пожарный извещатель в металлическом корпусе со степенью защиты оболочки не хуже IP-54	7
Автоматический пожарный извещатель в металлическом корпусе во взрывозащищенном исполнении (взрывонепроницаемая оболочка)	10

Для расчетных величин K_o вводятся следующие ограничения: если $K_o > 10$, K_o принимается равным 10; если $K_o < 1$, K_o принимается равным 1.

А.2 Определение устойчивости производственно-технологических систем

А.2.1 Определение показателя устойчивости системы проводят следующим образом.

Расчет ведется по формуле

$$K_{yc} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot K_{yzi}, \quad (A.4)$$

где K_{yc} – показатель устойчивости системы, балл.;

k_i – весовой коэффициент;

K_{yzi} – показатель устойчивости i элемента системы (единицы оборудования).

Расчет весового коэффициента k_i производится по следующей формуле:

$$k_i = K_{csi} / \sum_{i=1}^n K_{csi}, \quad (A.5)$$

где K_{csi} – коэффициент системной значимости элемента, балл.;

Примечание – Коэффициент системной значимости определяется на основе значимости элемента для функционирования систем технологической цепи и инженерно-технического комплекса ОПО, 1 – минимальная значимость (например, система канализации), 10 – максимальная значимость (например, система пожаротушения или орошения);

n – количество элементов системы.

А.3 Определение устойчивости ОПО

А.3.1 Оценка устойчивости ОПО может производиться на основе двух подходов: по среднему взвешенному показателю (когда имеется возможность нормировать значимость производственно-технологических систем) и по минимальному показателю.

А.3.2 При оценке устойчивости ОПО по среднему взвешенному показателю расчет ведется по формуле

$$K_{\text{УОПО}} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot K_{\text{УСИ}}, \quad (\text{А.6})$$

где $K_{\text{УСИ}}$ – показатель устойчивости i системы, балл.;

k_i – весовой коэффициент (по значимости системы);

n – количество рассматриваемых систем.

А.3.3 При оценке устойчивости ОПО по минимальному показателю в качестве показателя устойчивости ОПО принимается минимальный показатель устойчивости из всех представленных к рассмотрению систем по формуле

$$K_{\text{УОПО}} = \min (K_{\text{УСИ}}). \quad (\text{А.7})$$

А.4 Пример расчета устойчивости АУПТ и ее элементов

А.4.1. Рассматриваемый объект: система автоматического пожаротушения на базе АУПТ.

А.4.2. Исходные данные для расчета.

АУПТ предназначена для локализации и ликвидации пожара на насосной станции для перекачки ЛВЖ. Для тушения используется дренчерная система водяного пожаротушения с добавлением в воду фторсодержащего пленкообразующего пенообразователя. По проекту вода от основного водопитателя поступает по подводящему трубопроводу (проходит через защищаемое помещение) через насосы-повысители и дозатор (расположенные в смежном помещении), поступает на узлы управления (установлены в защищаемом помещении), при срабатывании которых раствор пенообразователя поступает через распределительный трубопровод на дренчерные оросители. Запас воды в основном водопитателе позволяет обеспечивать при пожаротушении заданный расход в течение 90 мин.

В защищаемом пожароопасном помещении категории В1 также располагаются автоматические и ручные пожарные извещатели, световые табло и оповещатели, шлейфы пожарной сигнализации, соединительные линии пожарной автоматики. Автоматические пожарные извещатели имеют металлический корпус со степенью защиты оболочки IP-67.

В смежном помещении категории Д находятся следующие элементы: резервированный источник электропитания АУПТ, прибор приемно-контрольный пожарный и управления (ППКПиУ), световые табло и оповещатели.

Проектное время обнаружения пожара – 1 мин, задержка при включении пожаротушения не предусматривается.

Время тушения пожара по проекту составляет 15 мин.

Состав АУПТ и расположение ее элементов приведены в таблице А.5.

Т а б л и ц а А.5 – Исходные данные для расчета устойчивости АУПТ и ее элементов

Наименование элемента	Кол-во	Категория помещения
Автоматический пожарный извещатель	3	В1
Ручной пожарный извещатель	3	В1
ППКПиУ	1	Д
Шлейфы пожарной сигнализации	1	В1
Соединительные линии пожарной автоматики	1	В1
Источник питания (резервированный)	1	Д
Световые табло и оповещатели (В1)	2	В1
Световые табло и оповещатели (Д)	1	Д
Подводящий трубопровод (закольцован)	1	В1
Распределительный пожарный водопровод (закольцован)	1	В1
Узел управления	2	В1
Насос-повыситель	2	Д
Дозатор	1	Д

Помещения категорий В1 и Д разделены между собой противопожарной дверью с пределом огнестойкости EI60.

Шлейфы пожарной сигнализации, соединительные линии пожарной автоматики исполнены в виде кабельных систем с пределом огнестойкости E45 по DIN 4102-12 [21].

А.4.3 Расчет устойчивости элементов АУПТ.

А.4.3.1 По таблице А.1 исходя из категории помещения (таблица А.5) определяем показатели пожарной безопасности. Полученные результаты отражены в таблице А.6.

Т а б л и ц а А.6 – Значения показателя пожарной безопасности элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{пб}$
Автоматический пожарный извещатель	4
Ручной пожарный извещатель	4
ППКПиУ	10
Шлейфы пожарной сигнализации	4
Соединительные линии пожарной автоматики	4
Источник питания (резервированный)	10
Световые табло и оповещатели (В1)	4
Световые табло и оповещатели (Д)	10
Подводящий трубопровод (закольцован)	4
Распределительный пожарный водопровод (закольцован)	4
Узел управления	4
Насос-повыситель	10
Дозатор	10

А.4.3.2 Определение коэффициентов влияния отказа элементов АУПТ.

Выход из строя либо полный отказ одного или нескольких автоматических пожарных извещателей не приводит к полному отказу АУПТ, поскольку сохраняется возможность запуска пожаротушения несколькими альтернативными способами, поэтому для этих элементов $K_{от}$ принимается равным двум.

Световые табло и оповещатели при выходе из строя влияют на эффективность функционирования АУПТ в еще меньшей степени, поэтому для них $K_{от}$ принимается равным трем. Отказ всех других элементов сводит эффективность к нулю, поэтому для этих элементов $K_{от}$ равен единице. Полученные значения $K_{от}$ сведены в таблицу А.7.

Т а б л и ц а А.7 – Значения коэффициентов влияния отказа элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{от}$
Автоматический пожарный извещатель	2
Ручной пожарный извещатель	2
ППКПиУ	1
Шлейфы пожарной сигнализации	2
Соединительные линии пожарной автоматики	1
Источник питания (резервированный)	1
Световые табло и оповещатели (В1)	3
Световые табло и оповещатели (Д)	3
Подводящий трубопровод (закольцован)	1
Распределительный пожарный водопровод (закольцован)	1
Узел управления	1
Насос-повыситель	1
Дозатор	1

А.4.3.3 Определение коэффициента резервирования элементов АУПТ.

Коэффициент резервирования для автоматических пожарных извещателей определяется путем деления их количества на минимальное количество для контролируемой зоны по НПБ 88-2001 [30]. $K_{рез}$ для ручных пожарных извещателей равен их количеству, аналогично $K_{рез}$ считается для оповещателей, узлов управления и т.д. Полученные значения $K_{от}$ сведены в таблицу А.8.

Т а б л и ц а А.8 – Значения коэффициентов резервирования элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{рез}$
Автоматический пожарный извещатель	1,5
Ручной пожарный извещатель	3
ППКПиУ	1
Шлейфы пожарной сигнализации	1
Соединительные линии пожарной автоматики	1
Источник питания (резервированный)	1
Световые табло и оповещатели (В1)	2
Световые табло и оповещатели (Д)	1
Подводящий трубопровод (закольцован)	1
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	1
Узел управления	2
Насос-повыситель	2
Дозатор	1

А.4.3.4 Определение коэффициентов контурного резервирования элементов АУПТ.

Коэффициент контурного резервирования для закольцованных трубопроводов принимается равным 1,5. Для остальных элементов $K_{конт} = 1$. Полученные значения $K_{конт}$ сведены в таблицу А.9.

Т а б л и ц а А.9 – Значения коэффициентов контурного резервирования элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{конт}$
Автоматический пожарный извещатель	1
Ручной пожарный извещатель	1
ППКПиУ	1
Шлейфы пожарной сигнализации	1
Соединительные линии пожарной автоматики	1
Источник питания (резервированный)	1
Световые табло и оповещатели (В1)	1
Световые табло и оповещатели (Д)	1
Подводящий трубопровод (закольцован)	1,5
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	1,5
Узел управления	1
Насос-повыситель	1
Дозатор	1

А.4.3.5 Определение коэффициентов функциональной независимости элементов АУПТ

Коэффициент функциональной независимости рассчитывается на основании данных таблиц А.7, А.8, А.9 по формуле (А.2). Полученные значения $K_{\text{фн}}$ сведены в таблицу А.10.

Т а б л и ц а А.10 – Значения коэффициентов функциональной независимости элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{\text{фн}}$
Автоматический пожарный извещатель	3
Ручной пожарный извещатель	6
ППКПиУ	1
Шлейфы пожарной сигнализации	2
Соединительные линии пожарной автоматики	1
Источник питания (резервированный)	1
Световые табло и оповещатели (В1)	6
Световые табло и оповещатели (Д)	3
Подводящий трубопровод (закольцован)	1,5
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	1,5
Узел управления	2
Насос-повыситель	2
Дозатор	1

А.4.3.6 Определение пределов функциональной огнестойкости.

Для определения устойчивости требуется определение предела функциональной огнестойкости элемента оборудования. Для сопоставления других показателей огнестойкости с пределом F используется таблица 6.1 настоящего стандарта.

Для оборудования, расположенного в пожароопасном помещении и не имеющего документов, подтверждающих огнестойкость, предел F приравнивается к нулю.

Для оборудования, размещенного в безопасном помещении (категорий Г или Д), в качестве предела огнестойкости используется показатель огнестойкости противопожарных дверей (ворот).

Предел огнестойкости пожарных трубопроводов определяется исходя из времени, в течение которого основной водопитатель может поддерживать заданный расход.

Данные о пределе огнестойкости F сведены в таблицу А.11.

Т а б л и ц а А.11 – Значения пределов функциональной огнестойкости элементов АУПТ

Наименование элемента	F
Автоматический пожарный извещатель	–
Ручной пожарный извещатель	0

Окончание таблицы А.11

Наименование элемента	<i>F</i>
ППКПиУ	60
Шлейфы пожарной сигнализации	45
Соединительные линии пожарной автоматики	45
Источник питания (резервированный)	60
Световые табло и оповещатели (В1)	0
Световые табло и оповещатели (Д)	60
Подводящий трубопровод (закольцован)	90
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	90
Узел управления	0
Насос-повыситель	60
Дозатор	60

А.4.3.7. Расчет временных параметров системы.

Для расчета показателя огнестойкости K_o требуется определение суммы времени обнаружения пожара и времени полного реагирования элемента оборудования.

Для всех элементов рассматриваемой системы, кроме узлов управления, значение времени полного реагирования будет равно проектному времени тушения. Для узлов управления время полного реагирования будет определяться по максимальному паспортному времени срабатывания. Данные, полученные для суммы $K_{впр}$ и $K_{во}$, сведены в таблицу А.12.

Т а б л и ц а А.12 – Данные о временных параметрах элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{впр} + K_{во}$
Автоматический пожарный извещатель	–
Ручной пожарный извещатель	16
ППКПиУ	16
Шлейфы пожарной сигнализации	16
Соединительные линии пожарной автоматики	16
Источник питания (резервированный)	16
Световые табло и оповещатели (В1)	16
Световые табло и оповещатели (Д)	16
Подводящий трубопровод (закольцован)	16
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	16
Узел управления	1,5
Насос-повыситель	16
Дозатор	16

А.4.3.8. Определение показателя огнестойкости.

Показатель огнестойкости K_o рассчитывается по формуле А.3. Для автоматических пожарных извещателей K_o определяется по таблице А.4. Полученные результаты сведены в таблицу А.13.

Т а б л и ц а А.13 – Значения показателя огнестойкости для элементов АУПТ

Наименование элемента	K_o
Автоматический пожарный извещатель	7
Ручной пожарный извещатель	1
ППКПиУ	3,75
Шлейфы пожарной сигнализации	2,81
Соединительные линии пожарной автоматики	2,81
Источник питания (резервированный)	3,75
Световые табло и оповещатели (В1)	1
Световые табло и оповещатели (Д)	3,75
Подводящий трубопровод (закольцован)	5,63
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	5,63
Узел управления	1
Насос-повыситель	3,75
Дозатор	3,75

А.4.3.9. Определение показателей устойчивости элементов АУПТ.

Показатель устойчивости каждого элемента определяется по формуле А.1. Полученные результаты сведены в таблицу А.14.

Т а б л и ц а А.14 – Значения показателей устойчивости элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{yэ}$
Автоматический пожарный извещатель	84,0
Ручной пожарный извещатель	24,0
ППКПиУ	37,5
Шлейфы пожарной сигнализации	22,5
Соединительные линии пожарной автоматики	11,3
Источник питания (резервированный)	37,5
Световые табло и оповещатели (В1)	24,0
Световые табло и оповещатели (Д)	113,0
Подводящий трубопровод (закольцован)	33,8
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	33,8
Узел управления	8,0
Насос-повыситель	75,0
Дозатор	37,5

А.4.3.10. Определение коэффициентов системной значимости элементов АУПТ.

На основании экспертной оценки о значимости того или иного элемента с учетом рекомендаций пункта А.2.1 заполняется таблица коэффициентов системной значимости ($K_{сз}$). На основании этих коэффициентов рассчитываются весовые коэффициенты. Полученные результаты сведены в таблицу А.15.

Т а б л и ц а А.15 – Значения коэффициентов системной значимости элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{сз}$	k
Автоматический пожарный извещатель	9	0,077586
Ручной пожарный извещатель	9	0,077586
ППКПиУ	10	0,086207
Шлейфы пожарной сигнализации	9	0,077586
Соединительные линии пожарной автоматики	10	0,086207
Источник питания (резервированный)	10	0,086207
Световые табло и оповещатели (В1)	7	0,060345
Световые табло и оповещатели (Д)	5	0,043103
Подводящий трубопровод (закольцован)	10	0,086207
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	10	0,086207
Узел управления	10	0,086207
Насос-повыситель	9	0,077586
Дозатор	8	0,068966
Сумма k_i		1

А.4.3.11 Определение показателя устойчивости АУПТ.

Определение показателя устойчивости системы проводят по формуле А.4. В таблице А.16 содержатся данные о приведенной устойчивости элементов (т.е. произведение коэффициента устойчивости на весовой коэффициент). Сумма этих произведений и дает искомое значение устойчивости системы.

Т а б л и ц а А.16 – Значения приведенной устойчивости элементов АУПТ

Наименование элемента	$K_{уз} \cdot k$
Автоматический пожарный извещатель	6,517241
Ручной пожарный извещатель	1,862069
ППКПиУ	3,232759
Шлейфы пожарной сигнализации	1,74569
Соединительные линии пожарной автоматики	0,969828
Источник питания (резервированный)	3,232759
Световые табло и оповещатели (В1)	1,448276
Световые табло и оповещатели (Д)	4,849138
Подводящий трубопровод (закольцован)	2,909483

Окончание таблицы А.16

Наименование элемента	$K_{уэ} \cdot k$
Распределительный пожарный трубопровод (закольцован)	2,909483
Узел управления	0,689655
Насос-повыситель	5,818966
Дозатор	2,586207
Сумма $K_{уэ} \cdot k$	38,77155

Таким образом, показатель устойчивости системы равен 38,77.

На рисунке А.1 приведена графическая интерпретация расчета в виде столбчатой диаграммы, с помощью которой можно видеть по минимальным значениям приведенной устойчивости проблемные с точки зрения устойчивости элементы системы.

Из приведенной на рисунке А.1 диаграммы видно, что наиболее проблемными являются узлы управления и соединительные линии пожарной автоматики.

Отсюда можно сделать вывод о необходимости использования технических решений, направленных на повышение устойчивости этих элементов.

В качестве примера таких решений может служить перенос узлов управления в пожаро-безопасное помещение категории Д, увеличение количества ручных пожарных извещателей до четырех, увеличение количества световых табло и оповещателей в помещении категории В1 до трех, применение кабельных систем для соединительных линий пожарной автоматики с повышенным пределом огнестойкости (F60) и увеличение их количества (резервирование) до двух. При применении всех перечисленных решений показатель устойчивости системы составит 47,50 (увеличение устойчивости на 22,5 %), а диаграмма с графической интерпретацией расчета (рисунок А.2) покажет более равномерную картину устойчивости элементов системы.



Рисунок А.1 – Графическая интерпретация расчета устойчивости



Рисунок А.2 – Графическая интерпретация расчета устойчивости (после внесения изменений)

Улучшение устойчивости АУПТ можно продолжить, определив по рисунку А.2 элементы с минимальной устойчивостью, например шлейфы пожарной сигнализации, и применив к ним такое решение, как резервирование кабельных линий.

Приложение Б (рекомендуемое)

Расчетные сценарии развития аварий на опасных производственных объектах ОАО «Газпром»

Б1 Сценарии развития аварий на скважинах и кустах скважин

Причины возникновения и особенности развития аварий на скважинах во многом определяются конструкцией и условиями работы этих технологических элементов. Скважины представляют собой каналы, соединяющие резервуары высокого давления, заполненные горючим газом под давлением (продуктивный пласт), с дневной поверхностью. Для условий работы скважин характерна следующая специфика:

- большая часть скважины удалена от поверхности и недоступна для простых средств диагностики и ремонта;

- резервуар заполнен пористым веществом, имеющим сложную фильтрационную характеристику;

- стенки скважины сложены из горных пород с невысокой прочностью и укреплены обсадными трубами;

- растепление ММП вокруг канала скважины (в ходе бурения либо эксплуатации) приводит к проявлению значительной пластичности и текучести породы; повторное промерзание пород вокруг протаявшего канала скважины (при простое скважины) создает значительные неравномерные давления на конструкцию скважины;

- промерзание жидкостей, заполняющих скважину на этапе бурения и ремонта, приводит к возникновению пробок и дополнительных нагрузок на стенки труб.

Общая схема развития аварии на скважинах кустовой площадки представлена на рисунке Б1. Исходным событием при рассмотрении последствий аварий на скважинах является разгерметизация системы пласт – колонна – оборудование оголовка скважины – трубопровод подключения к шлейфу. При анализе развития аварии должны учитываться следующие возможные физические процессы:

- истечение газа высокого давления в атмосферу;

- формирование в атмосфере области пожаровзрывоопасных концентраций;

- горение истекающего в атмосферу газа;

- термическое воздействие пожара на соседние объекты (оборудование под давлением, персонал, грунт, опоры и др.);

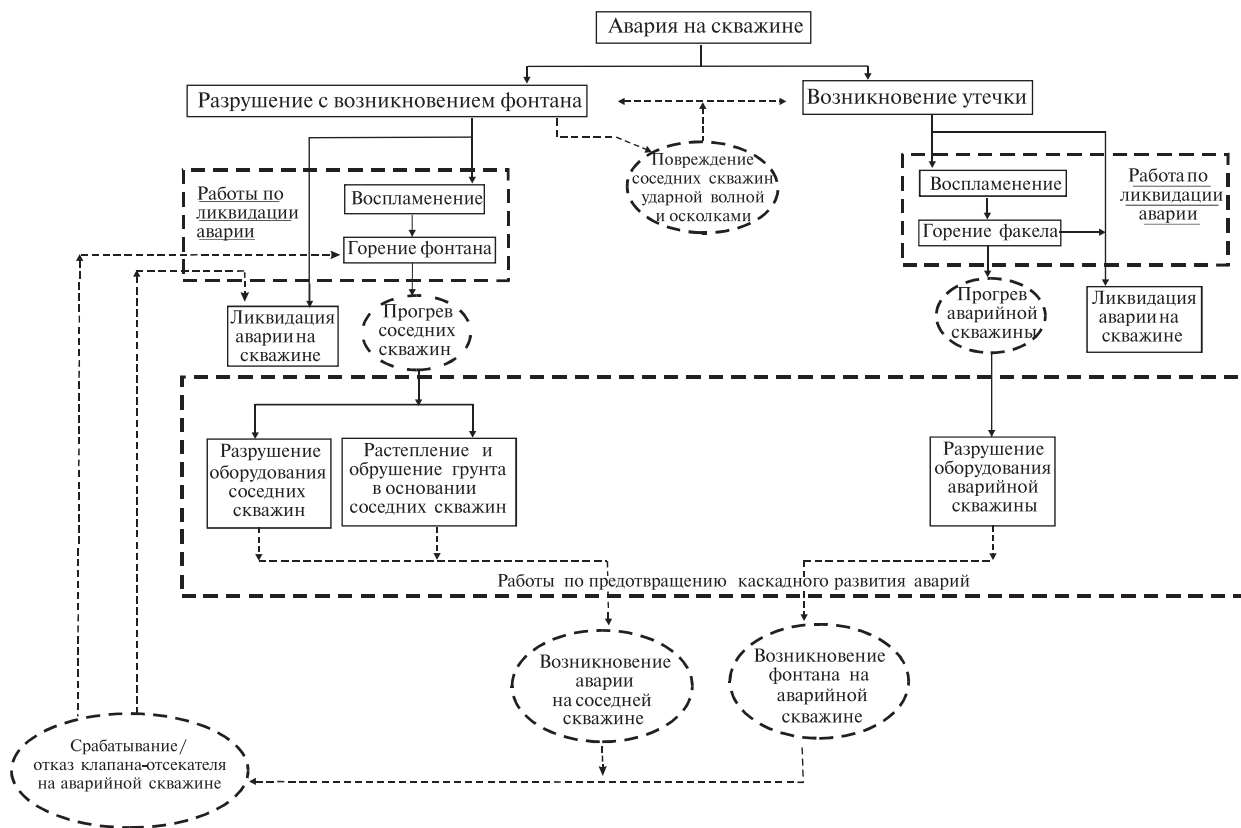


Рисунок Б.1 – Схема развития аварии на скважинах кустовой площадки

- потеря прочностных характеристик металла расположенного по соседству оборудования в результате нагрева;
- протаивание и просадка грунта;
- формирование и распространение воздушной волны сжатия (при разрушении оборудования под давлением);
- разрушение труб, находящихся под давлением, образование и разлет осколков;
- механическое воздействие волны сжатия и осколков на соседние объекты (оборудование, людей и др.);
- разрушение расположенного по соседству оборудования под воздействием внешнего (воздушная волна сжатия, осколки) и внутреннего (давление содержащегося внутри газа) механического воздействия.

Основные возможные сценарии аварий можно подразделить на следующие:

- утечки на элементах ФА или трубопроводной обвязке без воспламенения газа;
- утечки на элементах ФА или трубопроводной обвязке с воспламенением газа;
- фонтанирование одной скважины без воспламенения газа;

- фонтанирование одной скважины с воспламенением газа;
- каскадное развитие аварии на батарее скважин с групповым фонтанированием и пожаром;
- разрыв газопровода-коллектора куста с воспламенением или без воспламенения истекающего газа.

Ниже рассмотрены наиболее характерные ситуации из этого ряда.

Утечки газа на устье скважины и трубопроводной обвязке (через трещины, щели, неплотности прокладок) могут сформировать зону загазованности рядом с местом утечки, что при наличии источника зажигания, в свою очередь, может привести к воспламенению истекающей в произвольном направлении струи газа. При горении струи происходит прогрев как самого дефектного элемента – источника утечки, так и расположенного поблизости от места утечки оборудования. Нагрев дефектного элемента оборудования может обусловить рост размера отверстия утечки и возрастание расхода газа. Нагрев соседних кранов, задвижек, измерительного оборудования может привести к потере их работоспособности и появлению новых утечек в результате разрушения этих элементов под давлением заполняющего их газа вследствие снижения прочности металла при нагреве.

Фонтанирование возникает при разрушении конструктивного элемента устьевого оборудования. В первый момент после разгерметизации скважины интенсивность выброса существенно превосходит интенсивность поступления флюида из забойной зоны пласта в колонну скважины. Расход полностью определяется конструкцией скважины, давлением в ней, свойствами газа, размерами и геометрией отверстия (перекрытием устья скважины обломками разрушенного оборудования), через которое происходит выброс в атмосферу. Продолжительность начального этапа фонтанирования скважины, в течение которого расход существенно сокращается (от 5 до 15 раз), составляет от нескольких секунд до десятков секунд. Далее, в результате падения давления в колонне скважины расход истекающего в атмосферу газа снижается, а поступление в скважину газа из пласта возрастает, и скважина постепенно переходит в стационарный режим фонтанирования, при котором расход флюида на устье совпадает с его притоком из пласта в забойную зону. В стационарном режиме интенсивность выброса зависит от проницаемости пород газоносного горизонта, от конструкции скважины, от степени перекрытия устья скважины обломками оборудования и от свойств газа. Стационарный режим фонтанирования характеризуется малым изменением расхода по времени.

Выбрасываемый в атмосферу газ может загореться либо в момент начала выброса, либо с некоторым запаздыванием. Если образовавшийся фонтан сразу не воспламенился, то в районе места выброса формируется область пожаровзрывоопасных концентраций газа. При воспламенении облако газозадушной смеси стораёт в дефлаграционном режиме, при этом

образуется воздушная волна сжатия и возникает тепловое излучение. После сгорания облака горение фонтанирующей скважины продолжается, как правило, в форме вертикального факела и сопровождается мощным потоком теплового излучения, воздействующим на оборудование, персонал, объекты окружающей среды.

Важным средством предотвращения аварий с фонтанированием является клапан-отсекатель, устанавливаемый на устье скважины.

Для кустов скважин ГКМ, характеризующихся достаточно высокой плотностью размещения скважин, рассматривается также возможность каскадного развития аварий с фонтанированием в пределах одной батареи скважин. Каскадное развитие аварии может происходить по совокупности следующих причин:

- разрушение оборудования (в том числе устьевого оборудования соседних скважин) воздушной волной сжатия, образующейся при разрыве труб, находящихся под давлением, либо в результате дефлаграционного сгорания облака газозвушной смеси;

- прогрев оборудования излучением от пожара на фонтанирующей скважине, снижение прочностных характеристик металла и его разрушение под действием внутренних сил давления;

- прогрев и протаивание ММП у устьев соседних скважин под действием теплового излучения от пожара на фонтанирующей скважине, вследствие чего возможна потеря несущей способности грунта, возникновение просадок и обрушение грунта с разрушением скважин.

При разрушении газопроводов обвязки скважины в месте разрыва трубы начинается истечение газа под давлением (либо одностороннее, либо встречное из обоих концов разорвавшегося трубопровода). При воспламенении истекающего газа факел(ы) струйного горения может (могут) быть направлен(ы) горизонтально (настильная струя) или под некоторым углом к горизонту. При этом возможно либо прямое огневое, либо тепловое радиационное воздействие на смежное оборудование, а также на персонал в случае его присутствия на кусте.

Разрушение сборного коллектора будет приводить к потере работоспособности всего куста скважин, а также, возможно, к необходимости проведения ремонта сразу на ряде скважин и отходящих от них газопроводов. Поскольку коллектор напрямую подсоединен к скважинам, истечение газа будет длительным. Образующаяся при воспламенении истекающего из разрыва коллектора газа настильная горящая струя будет иметь (за счет большого расхода газа) значительную длину и захватит большое количество газопроводов, отходящих от скважин, а возможно, и сами скважины. Высокие тепловые потоки приведут к тому, что после ликвидации аварии может потребоваться проведение ремонта на нескольких скважинах куста.

Важнейшим фактором, влияющим на ход развития аварии на кусте и на ее последствия, является фактор времени, проходящего до начала активного реагирования на аварию.

Основными параметрами и факторами, определяющими характер протекания аварии и масштабы реального ущерба при аварии на скважине, являются:

- расход газа;
- факт возгорания газа;
- срабатывание/отказ клапана-отсекателя;
- образование/отсутствие образования осколков оборудования;
- устойчивость оборудования к действию указанных поражающих факторов аварий;
- эффективность системы активного противодействия поражающим факторам аварии и эффективность проведения работ по глушению фонтана (ликвидации утечки), реальное время фонтанирования, реальное время горения.

Б.2 Сценарии развития аварий на сборных газопроводах

Б.2.1 В соответствии с принятой классификацией сборные газопроводы месторождения относятся к опасным производственным объектам. Опасности их эксплуатации связаны со следующими факторами:

- воспламеняемость перекачиваемого по шлейфам природного газа;
- высокое давление газа в газопроводах (до 14,0 МПа);
- большая буферная емкость каждого из газопроводов (для отдельных шлейфов – более 7000 куб. м);

сообщение газопроводов (через обвязку скважин) с продуктивным пластом, имеющим огромную емкость.

Аварийные ситуации на газопроводах сборной сети начинаются с возникновения в трубопроводе трещины, свища либо с разрыва трубопровода.

Б.2.2. Образование трещины, свища.

При возникновении в трубе отверстия (трещины, свища) начинается утечка газа. Расход газа определяется размерами и формой отверстия, давлением газа в трубе. Истекающий газ быстро рассеивается в окружающем пространстве. При наличии внешнего источника зажигания возможно возгорание истекающего газа с образованием струйного факела. Со временем размер трещины может расти. Рост трещины до размеров более 0,25 диаметра может привести к лавинообразному разрушению трубопровода.

Обнаруженные утечки ликвидируются в рабочем порядке. Обычно возникновение утечки не приводит к повреждению и потере работоспособности соседних шлейфов. Ремонту подлежит только поврежденная нитка, в ряде случаев возможно проведение ремонта (по временной схеме) без экстренной остановки поврежденного трубопровода.

Б.2.3 Разрыв трубопровода.

Разрыв трубопровода, заполненного сжатым газом, характеризуется возникновением воздушной волны сжатия в окружающем пространстве и может сопровождаться образованием и разлетом осколков – фрагментов трубы.

Истечение газа происходит из обоих (вниз и вверх по потоку) участков газопровода в виде направленных навстречу друг другу струй газа. Газ истекает с переменным расходом: в первый момент мощность выброса велика, затем она быстро падает.

Уровень расхода, на который выходит истечение со стороны кустовой площадки, зависит от того, перекрыт ли кран на кустовой площадке. В случае закрытия крана расход относительно быстро уменьшается и истечение газа скоро прекращается. Если запорная арматура на кусте не перекрыта, то истечение газа стабилизируется на уровне, характерном для фонтанирования скважин по НКТ и участку надземного газопровода.

Истекающий газ может воспламениться. В этом случае в месте разрыва возникают два направленных навстречу друг другу струйных горящих факела. Длина факелов максимальна в первый момент времени после разрыва. По мере снижения расходов истекающего газа размеры факелов уменьшается. Факелы гаснут при практически полном прекращении истечения.

От пожара факелов идет мощное тепловое излучение, воздействующее на соседние сооружения (если они есть), на проходящие рядом надземные трубопроводы и их опоры, крановые узлы, подстилающую поверхность. В результате нагрева нагруженные конструкции могут разрушаться, горючие материалы – воспламеняться.

Скоростной напор высокоскоростной струи может сорвать тепловую защиту с соседних трубопроводов, а также плохо закрепленные конструктивные элементы расположенных в окрестностях места разрыва сооружений.

Критическое истечение газа из трубы (в месте разрушения) приводит к возникновению реактивной силы, под действием которой незакрепленный участок трубы (плеть) может начать перемещаться (в пределах свободы, предоставляемой ему системой креплений к свайным опорам). При этом не исключено возникновение напряжений, превышающих предел текучести материала, что в принципе может привести к разрушению трубы на отдельные фрагменты, которые далее будут разлетаться по инерции.

В качестве основных причин разрывов газопровода-шлейфа выделяют следующие:

- деформация трубопровода под прямым действием статических внешних сил (например, в результате пучения свай опор);
- неправильная работа температурных компенсаторов на газопроводе;
- ветровое либо иное внешнее воздействие, порождающее колебания трубы на опорах с резонансной частотой;
- механическое повреждение газопровода;
- развитие коррозии материала трубы;
- брак строительно-монтажных работ;
- брак материала трубы.

Разрыв является наиболее тяжелым по последствиям событием, которое может возникнуть на отдельном газопроводе-шлейфе.

В результате воздействия фрагментов разрушенного трубопровода также могут быть повреждены соседние нитки аварийного газопровода и близлежащие сооружения.

Совокупность указанных факторов в принципе может вызвать каскадное развитие аварии в коридоре шлейфов (наиболее тяжелый по последствиям сценарий) и существенно повлиять на снабжение УКПГ газом.

В соответствии с описанным выше при рассмотрении аварий на газопроводах сборной сети должны быть учтены следующие физические процессы:

- адиабатическое расширение заключенного в разрушенной секции трубопровода сжатого газа и формирование воздушной волны сжатия;
- образование и разлет осколков – фрагментов разрушенной секции газопровода;
- истечение струи газа из разрушенного газопровода;
- механические колебания концов разрушенного трубопровода за счет кинетической энергии высокоскоростной струи газа;
- формирование воздушной волны сжатия при воспламенении истекающего из газопровода газа;
- интенсивное горение струй газа, истекающих из трубопровода, тепловое излучение с поверхности пламени;
- ударное воздействие фрагментов разрушающегося газопровода на газопроводы технологического коридора (повреждение теплоизоляции, смещение трубопровода с опоры, нарушение герметичности труб);
- нагрев металла трубопровода под действием внешнего излучения и прямого огневого контакта, потеря прочности металла при нагреве, разрыв трубы под действием внутреннего давления газа.

По величине ущерба аварии и инциденты на сборных газопроводах можно ранжировать следующим образом:

- утечки (свищи, трещины) – незначительный ущерб, влияние на работу отдельного куста скважин;
- разрыв – средний ущерб, значительное влияние на работу отдельного куста скважин;
- каскадное разрушение сборных газопроводов коридора – крупный ущерб, серьезное влияние на работу УКПГ.

Б.3 Типовые сценарии аварий на УКПГ, КС, ДКС, ГКС, СПХГ, ГРС

Основными ОВ, обращающимися на площадке УКПГ, являются: природный газ, нестабильный конденсат, стабильный конденсат, метанол. Основными ОВ, обращающимися на площадках ДКС и ГКС, являются природный газ и турбинное масло.

Исходными причинами утечек и выбросов ОВ в окружающую среду являются: абразивный износ (эрозия) трубопроводов в первую очередь на участках технологической цепочки с обращением пластового, не очищенного в первой ступени сепарации газа, коррозия, нарушения правил эксплуатации, брак строительного-монтажных работ, механические повреждения.

Аварийные утечки и выбросы природного газа на промышленной площадке УКПГ могут иметь место при разгерметизации (разрушении) следующих технологических элементов:

- газопроводов-шлейфов и запорно-регулирующей арматуры в ППА;
- газового коллектора между ППА и пробкоуловителями;
- входных и выходных патрубков пробкоуловителей, особенно в местах их изгибов (колен), подвергающихся внутренней эрозии под воздействием потока неочищенного пластового газа;
- межцеховых коллекторов между основными технологическими корпусами и установками (пробкоуловители – корпус первичной сепарации – ДКС – технологический корпус подготовки газа – ГКС – пункт замера газа), условный диаметр этих коллекторов принят в расчетах равным 1000 мм;
- сепараторов и их входных и выходных фланцев и патрубков (по газу);
- теплообменников газ–газ и их входных и выходных фланцев и патрубков;
- входных-выходных патрубков турбодетандеров;
- соединительных газопроводов между сепараторами, теплообменниками, АВО, турбодетандерами в блоках НТС и кранов на них;
- разделителей и их выходных фланцев и патрубков по газу;
- нагнетательных и всасывающих коллекторов на ДКС и ГКС;
- нагнетательных и всасывающих газопроводов ГПА на ДКС и ГКС;
- входных и выходных патрубков АВО газа;
- факельных коллекторов.

Разгерметизация этих технологических элементов происходит, как правило, по сварным швам, фланцевым соединениям или в результате катастрофического роста коррозионной трещины или дефекта в стенке трубы (емкости).

Разрывы газопроводов могут сопровождаться разлетом фрагментов труб, однако, учитывая планируемое применение труб из новых сталей с высокими вязкостными характеристиками, образование множества относительно мелких (приблизительно один килограмм) осколков маловероятно.

С учетом надземного расположения (на эстакадах) технологических газопроводов в случае их разрывов будет происходить высокоскоростное истечение газа в виде преимущественно настильных (горизонтальных или субгоризонтальных) струй, способных менять свое

исходное направление в определенном створе в результате колебаний (за счет реактивной силы истекающего газа) концов разрушенного трубопровода (при этом возможен срыв газопровода с эстакады на определенной протяженности). Не исключено изменение направления струи и характеристик течения за счет взаимодействия струи с сооружениями и технологическим оборудованием на площадке.

Расширение сжатого газа при истечении в атмосферу приводит к возникновению воздушной ударной волны. Если в момент разрыва трубопровода газ не воспламеняется, в районе места разрыва (в пределах струйного течения) создается зона загазованности – взрывоопасное облако газозвушной смеси.

При воспламенении газа в момент разрыва могут иметь место (в соответствии с указанными типами истечения) либо настильные струевые пламена, либо диффузный пожар «колонного типа» (при взаимодействии струи с плотным технологическим окружением). Из указанных видов пожара более вероятен при разрывах надземных газопроводов струевой, а не колонный, пожар. Таким образом, основными поражающими факторами при разрывах технологических газопроводов могут быть:

- колеблющиеся концы (плети) разорванного трубопровода;
- разлетающиеся фрагменты трубы;
- воздушная волна сжатия (избыточное давление на фронте и импульс);
- воздушная волна сжатия при сгорании облака газозвушной смеси;
- скоростной напор струи газа;
- прямое огневое воздействие горячей струи газа;
- тепловая радиация от струевого пламени;
- прямое огневое воздействие при распространении пламени по облаку газозвушной смеси (задержанное воспламенение).

Для коротких участков газопроводов наиболее вероятны поперечные разрывы вдоль сварных и фланцевых соединений. Начальные разрушения здесь определяются значением энергии адиабатического расширения сжатого газа. В данной ситуации вполне вероятны разрушения или отказы запорной арматуры (по крайней мере, ближайших к месту аварии кранов). В этом случае масса участвующего в аварии газа будет увеличена за счет дополнительного объема смежных участков. В случае отказа кранов и клапанов и на смежных участках и перехода на ручной режим отключения эта масса может увеличиться в десятки и сотни раз. Возгорание газозвушной смеси наиболее вероятно в начальный момент аварии вследствие контактного искрения разлетающихся металлических осколков, ударов трубных плетей об арматуру и другое оборудование, взаимодействия высвобождающейся среды с близко расположенными тепло- и энергоносителями, способными инициировать вспышку и устойчивое горение.

Для случая разрыва участка «длинного» трубопровода, расположенного в зоне промышленной площадки, например выходного газопровода, переходящего в межпромысловый или магистральный, и, в особенности для случая одновременного с этим отказа (или отсутствия вообще) запорной арматуры на выходе с площадки УКПГ характерно длительное сверхзвуковое истечение газа. Вероятность возгорания струи газа здесь достаточно высока, т.к. могут происходить колебания свободного участка трубы под действием реактивной силы истекающего газа, за счет чего будут иметь место удары и трение трубы о параллельные нитки, арматуру, крепежные устройства. Режим горения в данном случае будет соответствовать законам горения сверхзвуковой струи газа.

При разрыве (отрыве) входных и выходных патрубков сосудов и аппаратов под давлением без разрушения самих емкостей возникают струи газа как со стороны сосуда, так и со стороны патрубка. Направления струй со стороны сосуда определяются, как правило, ориентацией его фланцев, а направления струй из патрубков зависят от их нового, совершенно произвольного положения. При воспламенении истекающего газа возникают горящие струи газа. При их торможении в условиях плотного технологического окружения может возникнуть пожар колонного типа. Поражающие факторы те же, что и при авариях на газопроводах (см. Б.2), кроме первого.

При полном разрушении сосудов под давлением опасность представляют разлетающиеся фрагменты корпуса и воздушная ударная волна. Из «обрезанных» при разрушении сосуда концов его входного и выходного патрубков возникает истечение высокоскоростных струй газа, либо взаимодействующих, либо не взаимодействующих (как друг с другом, так и с разрушенной емкостью), которые могут воспламениться, с развитием либо струевого пожара, либо пожара в загроможденном пространстве.

Серьезные последствия возможны при разгерметизации сосудов, аппаратов, газопроводов, запорно-регулирующей арматуры, расположенных внутри помещений. Замкнутость помещения, большая плотность монтажа оборудования, наличие прямых и косвенных источников воспламенения создают условия, способствующие развитию аварии и увеличивающие масштабы последствий. При разгерметизации происходит выделение энергии адиабатического расширения газа, формируется высокоскоростная струя газа, происходит разлет частей и осколков разорвавшегося оборудования. Все эти процессы могут вызвать повреждение и разрушение маслопроводов гидроприводов шаровых кранов, пневмопроводов, подающих газ под давлением в масляные баллоны, а также самих масляных баллонов и блоков управления кранами. В принципиальном плане в момент аварии привод аварийной вентиляции может не сработать, противопожарные гидранты и водопроводы могут быть повреждены и разрушены. Помещение заполняется взрывоопасной газозвушной смесью, которая при воспламенении сгорает по дефлаграционному типу. При этом расширяющиеся продукты сгорания иницииру-

ют ударную волну, воздействующую на технологическое оборудование, стены и перекрытия здания и персонал. В случае неадекватно рассчитанных специальных легкобрасываемых покрытий и оконных проемов технологического здания не исключено повреждение оборудования и поражение персонала избыточным давлением и импульсом ВУВ.

Значительную опасность представляют также взрывы газозооушной смеси внутри технологических корпусов.

Аварийные утечки и выбросы нестабильного газового конденсата (в чистом виде, без воды и метанола) на промышленной площадке УКПГ могут иметь место при разгерметизации (разрушении):

- разделителей и их выходных фланцев и патрубков (по конденсату);
- коллектора конденсата от разделителей до блока стабилизации конденсата;
- ректификационной колонны и ее входного патрубка и фланца.

Утечка нестабильного конденсата сопровождается его интенсивным испарением и образованием взрывоопасного облака тяжелого газа (с отрицательной плавучестью), которое стелется по поверхности площадки и в условиях плотной технологической застройки недостаточно быстро рассеивается. При появлении источника зажигания в зоне взрывоопасных концентраций газа облако воспламеняется, сгорая по дефлаграционному типу, но с достаточно высокими скоростями распространения фронта горения (несколько десятков метров в секунду) с учетом того, что процесс идет в несвободном (загроможденном) пространстве. При этом возникает воздушная волна сжатия с избыточным давлением (на уровне десятков килопаскалей) и импульсом на фронте волны, способными повредить здания и технологическое оборудование на площадке УКПГ. Адекватный расчетный прогноз тротилового эквивалента взрыва, параметров ударной волны и масштабов ущерба в этом случае возможен только при наличии точных исходных по конструктивно-технологическим параметрам соответствующего оборудования, идентифицируемого как источник опасности, расстановке запорной арматуры, а также – данных по компоновке и характеристикам взрывоустойчивости площадочных сооружений и технологического оборудования, подвергаемого негативному воздействию.

Ниже приведены возможные места проявления опасностей, связанных с системами стабильного конденсата, метанола, турбинного масла.

Аварийные утечки стабильного конденсата на промышленной площадке УКПГ могут иметь место при разгерметизации (разрушении) следующих технологических элементов:

- ректификационной колонны на установке стабилизации конденсата и ее трубопроводной обвязки;
- выходного трубопровода блока стабилизации конденсата до склада конденсата;
- наземных резервуаров для хранения стабильного конденсата на складе конденсата (в составе общего склада горючих жидкостей) и их трубопроводной обвязки, насосов.

При этом наиболее опасным (по системе стабильного конденсата) представляется разрушение обвязки ректификационной колонны, поскольку в случае разлива и воспламенения конденсата возможно каскадное развитие аварии при вовлечении в аварийный процесс нестабильного конденсата.

Наиболее крупной аварией на складе горючих жидкостей (конденсата, турбинного масла, метанола, дизтоплива, бензина) является полный разрыв одной или одновременно нескольких емкостей с последующим воспламенением горючей среды. Однако сама по себе такая авария маловероятна и возможна только в случае грубого нарушения технологического режима и правил техники безопасности. Тем не менее такие события, как зарождение и образование микротрещин на наиболее напряженных участках усталостно-разрушающегося и корродирующего металла, утечки в сварных стыках и фланцевых соединениях, промерзание сливных эстакад во время сливноналивных операций и т.д. являются довольно характерными. На такие случаи предусмотрены резервные емкости, перелив жидкости в которые осуществляется автоматически. Автоматика срабатывает относительно показаний контрольно-измерительной аппаратуры, настроенной на предельные показатели давления, температуры, уровня жидкости. В случае же отказов автоматики и ошибок обслуживающего персонала возможно воспламенение истекающей жидкости, дальнейший разрыв образовавшейся трещины, полный порыв емкости, развитие крупномасштабного пожара с переходом на другие емкости, оборудование и здания. Кроме того, полные разрушения емкостей возможны в случае развития каскада аварий на площадке, который может быть вызван объемными газовыми взрывами в области технологических корпусов и трубопроводных эстакад.

Аварийные утечки метанола на промплощадке УКПГ могут иметь место при разгерметизации (разрушении):

- метанолопроводов на промплощадке УКПГ;
- емкостей хранения метанола на складе метанола;
- контейнеров для перевозки метанола на территории УКПГ;
- загрузочных трубопроводов при операции перегрузки метанола из мобильных контейнеров в стационарные емкости склада метанола;
- оборудования блока регенерации метанола.

Наиболее опасным (по системе метанола) представляется разрушение загрузочного трубопровода во время операции перегрузки метанола из мобильных контейнеров в стационарные емкости склада метанола, поскольку при воспламенении разлившегося метанола пожар может распространиться на контейнеры с метанолом и емкости стационарного склада.

Аварийные утечки турбинного масла на промышленной площадке могут иметь место при разгерметизации (разрушении):

- маслопроводов от насосной масла до ГПА на ДКС и ГКС;

- насосов и емкостей в насосной масла;
- емкостей хранения масла на складе ГСМ;
- контейнеров для перевозки ГСМ на территории УКПГ;
- загрузочных трубопроводов при операции перегрузки масла из мобильных контейнеров в стационарные емкости склада ГСМ;
- баков масла на ГПА, ТДА и маслопроводов обвязки ГПА, ТДА.

При этом наиболее опасным (по маслосистеме) представляется разгерметизация баков масла ГПА, ТДА или маслопроводов их обвязки с попаданием масла на горячие поверхности агрегата, что в случае несрабатывания автоматических систем пожаротушения ГПА или ТДА может привести к пожару на ГПА или турбодетандере с последующей разгерметизацией обвязочных газопроводов и развитию аварии по каскадному сценарию.

Необходимо также в качестве источника возможных аварий на УКПГ указать печи огневых подогревателей, в частности трубы змеевиков печей, разгерметизация которых, как следует из статистических данных, часто являлась причиной пожаров на УКПГ.

Отмеченные выше аварийные ситуации могут иметь и дальнейшее развитие. Все зависит от эффективности средств аварийной защиты, быстроты реакции и правильности действий обслуживающего персонала и пожарной охраны. Авария может быть ликвидирована в самый начальный момент, может быть локализована и остановлена в момент своего развития и в самом неблагоприятном случае может перейти в каскад аварий с полным разрушением всей промплощадки.

Рекомендуется рассматривать следующие типовые сценарии развития аварий на площадке УКПГ–ДКС–ГКС–ГРС (только по системе природного газа).

Произвольно ориентированный факел при разрыве надземного газопровода или патрубка аппарата

Разрыв надземного газопровода «на полное сечение» → разлет фрагментов стенки трубы с одновременным образованием воздушной ударной волны за счет расширения сжатого газа → истечение высокоскоростной (ых) струи(й) газа из конца(ов) разрушенного трубопровода → немедленное (в момент разрыва) зажигание струи газа → образование струевого горящего факела с условно произвольной ориентацией в горизонтальной плоскости → попадание людей, сооружений, технологического оборудования, транспортных средств в пределы прямого огневого или радиационного теплового воздействия факела → получение людьми ожогов различной степени тяжести, повреждение или уничтожение сооружений и оборудования, другого имущества.

Произвольно ориентированная струя газа с формированием зоны загазованности при разрыве надземного газопровода или патрубка аппарата

Разрыв газопровода «на полное сечение» → разлет фрагментов стенки трубы с одновременным образованием воздушной ударной волны за счет расширения сжатого газа → исте-

чение высокоскоростной(ых) струи(й) газа из конца(ов) разрушенного трубопровода с условно произвольной ориентацией в горизонтальной плоскости → формирование зоны загазованности (зоны концентраций газа выше НКПР) → попадание людей, сооружений, оборудования в зону существенного динамического напора струи или в зону высокой загазованности (выше НКПР) → задержанное (позднее зажигание облака газозвушной смеси) → получение людьми травм различной степени тяжести, повреждение или уничтожение сооружений и оборудования либо от динамического напора струи, либо при сгорании облака газозвушной смеси.

Приведенные сценарии для газопроводов могут иметь, в свою очередь, различные варианты конкретной реализации (в частности, для аварии с пожаром – различные геометрические размеры струевого пламени, углы его наклона, направления наклона, продолжительность пожара) под влиянием таких «вариантозадающих» факторов, как: расход газа, диаметр газопровода, скорость и направление ветра, характеристики подстилающей поверхности, наличие и характеристики источников зажигания, наличие, надежность срабатывания и эффективность блокирующих и защитных устройств, а также уровень противоаварийной подготовки персонала.

Разрыв (разрушение) сосудов высокого давления (сепараторов, пробкоуловителей и т.п.)

Полное мгновенное разрушение сосуда → разлет фрагментов стенки сосуда с одновременным образованием воздушной ударной волны за счет расширения сжатого газа → попадание людей, сооружений, оборудования в зону действия высокоэнергетических осколков или воздушной волны сжатия → получение людьми повреждений различной степени тяжести, повреждение или разрушение сооружений и оборудования за счет как действия осколков, так и воздушной волны сжатия.

При оценке последствий аварий в качестве реципиентов рассматриваются люди, сооружения (технологические корпуса, укрытия ГПА) и технологическое оборудование, подвергающиеся воздействию поражающих факторов. Как правило, поражающее и разрушительное воздействие основных поражающих факторов (летающих осколков, первичной ВУВ, скоростного напора струи, тепловой радиации от струевых пожаров реализуется фактически в течение первых минут после разгерметизации оборудования и воспламенения газа, поэтому при расчетном анализе сценариев аварий предполагается, что системы и средства, ограничивающие развитие аварии и воздействие ее поражающих факторов, не успевают за это время сработать; вероятность их несрабатывания принимается равной единице.

Б.4 Аварии на компрессорных станциях

Под аварией на компрессорной станции подразумевается разрыв технологического трубопровода на полное сечение или разрушение сосуда, аппарата, ГПА, сопровождающиеся

выбросом содержащегося (обращающегося) в этом трубопроводе (сосуде, аппарате, ГПА) опасного вещества с воспламенением или без воспламенения.

Основные типовые сценарии аварий на КС можно разделить на две неравнозначные по последствиям группы:

- аварии на открытой площадке (на основных технологических газопроводах, «гитаре», пылеуловителях, АВО газа);
- аварии внутри основных производственных зданий (компрессорных цехов или укрытий ГПА, зданиях подготовки топливного и пускового газа).

Наибольшую опасность представляют аварийные сценарии, связанные с разрывами технологических трубопроводов (как подземных, так и надземных) на полное сечение.

Сценарии аварий на подземных технологических газопроводах КС по логике развития и своим физическим проявлениям совпадают с соответствующими сценариями, описанными для линейной части магистральных газопроводов, за исключением ряда особенностей, связанных с малой длиной технологических газопроводов и работой запорной арматуры. Кроме подземных газопроводов на компрессорных станциях велика доля надземных газопроводов и сосудов под давлением. При разрывах надземных газопроводов и сосудов под давлением возникает струевое истечение природного газа, а при его воспламенении – струевое пламя. При этом направление струи (в отличие от соответствующих сценариев на линейной части МГ) может быть произвольным в окружающем пространстве.

Отдельно заслуживают внимания сценарии, связанные с утечками и воспламенением газа внутри производственных помещений КС. Взрывы внутри зданий КС характеризуются не детонационным, а дефлаграционным типом взрывного превращения. При этом только в абсолютно замкнутых объемах при дефлаграционных взрывах избыточное давление может достигать значений от 700 до 900 кПа, в то время как при взрывах внутри промышленных зданий избыточное давление исходно (по проекту) не должно превышать значений от 5 до 10 кПа, что лимитируется прочностью строительных конструкций. Поэтому в зданиях и помещениях, где возможны утечки и воспламенения горючих газов или паров, для обеспечения неразрушающих нагрузок всегда используются специальные ПК.

При рассмотрении подобных аварий внутри блоков-контейнеров или укрытий ГПА на КС важным является вопрос о внешних последствиях взрыва – достигнут или нет поражающие факторы пункта управления технологическим процессом (ГЩУ) другого соседнего оборудования и персонала. К внешним поражающим факторам аварий, сопровождающихся взрывами газоздушных смесей в незамкнутых помещениях КС, относятся:

- волна сжатия, формирующаяся при разрушении наиболее слабых конструктивных элементов здания (заполнений оконных и дверных проемов), в котором произошел внутренний взрыв;

- факелы пламени, вырывающиеся из отверстий, возникших при разрушении ограждающих конструкций;

- дефлаграционный взрыв в атмосфере подготовленной к горению сильно турбулизованной смеси, вытесненной избыточным давлением из помещения (реализуется, как правило, при взрыве внутри помещения переобогащенной смеси).

Рассмотрим сценарий, связанный с утечкой и воспламенением масла в укрытии ГПА. Масло из неплотностей в соединениях патрубков масла ГПА попадает на горячую поверхность ГПА и воспламеняется. Штатная система пожаротушения не срабатывает, в результате чего внутри укрытия развивается пожар с термическим воздействием пламени на трубопроводы и краны обвязки ГПА с их дальнейшим разрушением и воспламенением образующейся струи газа. Далее авария развивается по сценарию пожара в загроможденном пространстве, как описано выше.

Основное отличие сценариев развития аварии на площадке КС от аварий на линейной части МГ заключается в том, что КС является своего рода пограничным (конечным или начальным) элементом участка газотранспортной системы. По этой причине при разрывах газопроводов или элементов оборудования уже через весьма короткий промежуток времени после разрыва будет иметь место не две, а одна струя, режим истечения которой будет определяться термодинамическими и гидравлическими параметрами, а также сценарием срабатывания запорной арматуры на участке технологической системы, связанной через газопровод-шлейф (входной или выходной – в зависимости от расположения места разрыва относительно ГПА) с магистральным газопроводом. При срабатывании обратного клапана на выходе КС, отсекающего станцию от магистрали, основная масса газа, участвующая в аварии, будет сосредоточена в газопроводе-шлейфе. Т.е. в любом случае основной опорожняемый «буферный» участок будет находиться со стороны МГ (струя истекает от МГ к КС).

В течение определенного времени после разрыва с помощью системы дистанционного управления приводом запорной арматуры осуществляется закрытие крана со стороны всасывания. Все это время развитие аварии происходит с подключенным к КС участком магистрали со стороны всасывания.

С учетом приведенного в качестве основных типовых групп сценариев аварий на КС, проводимых в расчетах показателях риска, приняты следующие.

Группа сценариев С1

Разрыв подземного технологического газопровода → образование котлована в грунте (как правило, в нормальных (твердых) грунтах) → образование первичной воздушной ударной волны (ВУВ) → разлет осколков трубы и фрагментов грунта → истечение газа из котлована в виде «колонного» шлейфа → воспламенение истекающего газа с образованием столба пламени → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воз-

действию ВУВ → попадание людей, сооружений, оборудования КС в зону радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Группа сценариев С1а

Разрыв надземного технологического газопровода «в окружении» другого оборудования и сооружений → образование первичной воздушной ударной волны (ВУВ) → разлет осколков трубы → истечение струи газа и взаимодействие ее с препятствием → воспламенение истекающего газа с образованием столба пламени (пожара колонного типа в загроможденном пространстве) → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воздействию ВУВ → попадание людей, сооружений, оборудования КС в зону прямого и радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Группа сценариев С2

Разрыв подземного технологического газопровода → вырывание плетей разрушенного газопровода из грунта на поверхность (как правило, в слабонесущих грунтах) → образование первичной ВУВ → разлет осколков трубы и фрагментов грунта → истечение газа из газопровода в виде двух (в первый момент) независимых высокоскоростных струй → воспламенение истекающего газа с образованием одной струи пламени, истекающей со стороны МГ и ориентированной под некоторым углом к горизонту по направлению оси газопровода → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воздействию ВУВ → попадание людей, сооружений, оборудования КС в зону прямого или радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Группа сценариев С2а

Разрыв надземного технологического газопровода, расположенного в относительно свободном пространстве (или разрыв фланцевого соединения патрубка сосуда под давлением с подводным трубопроводом) → образование первичной ВУВ → разлет осколков трубы → истечение газа из газопровода (или из образовавшегося отверстия в патрубке сосуда с подпиткой из смежного с сосудом трубопровода, который остается соединенным с магистральным) в виде двух (в первый момент) независимых высокоскоростных струй → воспламенение истекающего газа с образованием одной струи пламени, истекающей со стороны МГ, ориентированной под углом к горизонту и произвольно по азимуту → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воздействию ВУВ → попадание людей,

сооружений, оборудования КС в зону прямого или радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Б.5 Типовые сценарии развития аварий на линейной части конденсатопровода

Имеющиеся наблюдения за развитием аварий на трубопроводах свидетельствуют о том, что истекающая под высоким давлением жидкость из разгерметизированного трубопровода за короткий промежуток времени размывает грунт засыпки в траншее и далее растекается по поверхности.

Утечки разделяются на малые, средние и большие:

- малые – возникают при локальных коррозионных дефектах (свищах) с потенциальными расходами на уровне от 15 до 20 м³/час (т.е. от 2 до 3 кг/с), и, как правило, не представляют прямой угрозы ущерба;

- средние – возникают при образовании трещины с наиболее характерными расходами от 50 до 60 кг/с (не более 100 кг/с);

- большие – имеют место при «гильтинных» разрывах (на полное сечение) или при образовании протяженных разрывов, эквивалентных сечению трубопровода, с наиболее характерными расходами более 100 кг/с.

Малые утечки, не влияющие на гидродинамические параметры перекачки продукта, происходят из сквозных коррозионных повреждений трубопроводов.

Средние утечки характеризуются продольными разрушениями металла труб, которые наряду с коррозионными свищами являются наиболее частой формой нарушения герметичности магистральных нефте- и продуктопроводов и причиной загрязнения окружающей природной среды. Линейные размеры продольных разрушений в значительной мере определяют характер и объем утечки транспортируемых продуктов, а также затраты и способ ликвидации аварий.

Продольные разрушения труб могут происходить как по основному металлу труб, так и в зоне сварных швов вследствие влияния многочисленных факторов, основными из которых являются колебания внутреннего давления, заводские и строительные-монтажные дефекты трубопроводов.

Для данного сценария аварии характерно влияние истечения на гидродинамический режим перекачки, которое выражается в существенном падении давления в трубопроводе.

Возможность обнаружения утечки на насосной станции по падению давления на 2 атм определяется как объемом утечки, так и расстоянием места разрыва до насосной станции.

Геометрически трещина может быть представлена в виде симметричного вытянутого ромба, и такая форма трещины часто используется для расчета динамических характеристик истечения жидкости из поврежденного участка трубопровода.

Большие утечки характеризуются возникновением продольного разрушения трубопровода, эквивалентного его сечению, либо условно при мгновенном разрыве трубопровода на полное сечение в результате экстремальных воздействий внешних сил (землеройная техника, взрывные работы в ближней зоне, нерасчетные сейсмические воздействия, диверсионные акты).

Сценарий аварии с разрушением на полное сечение в принципе может развиваться в следующих вариантах:

- разрушение конденсатопровода на полное сечение происходит таким образом, что образуется два независимых потока из двух концов трубопровода в сечении разрыва;
- конденсат вытекает из одного отверстия, эквивалентного по площади полному сечению трубопровода, и, в отличие от предыдущего варианта, образования двух независимых потоков при разрыве трубопровода не происходит.

Сценарий полномасштабного разрыва трубопровода следует рассматривать как заведомо консервативную оценку при анализе риска конденсатопровода.

Б.6 Типовые сценарии возможных аварий на резервуарных парках

По статистике пожары в резервуарных парках начинались чаще всего со взрыва паровоздушной смеси, образующейся как внутри, так и снаружи резервуара. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуара оказывают воздействие физико-химический состав хранимых нефтепродуктов, конструкция резервуара, технологический режим эксплуатации и метеорологические условия. Появление неконтролируемого источника зажигания, контакт паров с источником зажигания приводят к пожару. Пожар может возникнуть на дыхательной арматуре, пенных камерах. Снаружи резервуара вследствие перелива хранимого продукта или нарушения герметичности резервуара пожар может возникнуть в обваловании. Пожар возможен также в виде локальных очагов на плавающей крыше.

Развитие пожара при хранении больших масс нефти и нефтепродуктов подразделяют на следующие уровни:

- первый (А) – возникновение и развитие пожара в пределах одного резервуара без влияния на смежные. Статистика свидетельствует, что с такими сценариями было зарегистрировано около 78 % пожаров в резервуарных парках;
- второй (Б) – распространение пожара с одного резервуара на резервуарную группу (15 % от всего числа пожаров), т.е. возникновение группового пожара.
- третий (В) – развитие пожара с возможным разрушением смежных зданий и сооружений на территории производственного объекта и за его пределами, а также поражение пожа-

ром персонала предприятия и населения близлежащих районов. Такие варианты пожаров наблюдались в 14 случаях (около 6 %).

Сценарии развития аварий с пожаром на резервуарном парке нефтепродуктов представлены на рисунке Б.2.

Вариант № 1. С образованием взрывоопасной концентрации снаружи резервуара при больших и малых «дыханиях» (А.1.1) и с появлением источника зажигания возникает пожар на дыхательных клапанах или в местах негерметичности сочленения пенных камер с корпусом резервуара (А.7.1). При этом в зависимости от концентрации паровоздушной среды внутри резервуара возможны:

- устойчивое факельное горение (А.7.1);
- взрыв паровоздушной среды в резервуаре (А.7.2).

Переход от устойчивого факельного горения (А.7.1) к горению на поверхности жидкости (А.8.1) характерен для резервуаров со сферической крышей. Взрыв в резервуаре (А.7.2), как правило, приводит к подрыву, реже срыву крыши с последующим пожаром (А.8.1).

Взрыв паровоздушной смеси (А.7.2) или затяжной пожар (А.8.1) в резервуаре может привести к его разрушению (А.8.2) с последующим образованием гидродинамической волны (А.9.2), способной разрушить соседние резервуары (Б.1.1), увеличив, таким образом, площадь разлива горящего продукта (Б.2.1). Длительное горение продукта в резервуаре (А.8.1), как правило, приводит к вскипанию и выбросу (А.9.1) с последующим разливом продукта (Б.2.1) и горением ЖФ на большой площади (Б.5.1). Действие от А.8.1 или Б.5.1 может перейти к В.1.1, В.1.2, В.1.3 или В.1.4, что, в свою очередь, вовлекает в пожар смежные резервуары в других группах и объекты в крупный неуправляемый пожар, способный распространиться на прилегающую территорию производственного объекта (В.4.1). Таким образом, факельное горение на дыхательном клапане может привести к катастрофическому пожару.

Вариант № 2. Развитие пожара, которое начинается с А.1.2 (образование взрывоопасных концентраций в резервуаре), как правило, приводит к наиболее часто встречающемуся на практике варианту «пожар в резервуаре» (А.8.1) или к разрушению резервуара при взрыве (А.8.2). Далее пожар может развиваться по варианту № 1, начиная с А.8.2 или А.9.1.

Вариант № 3. В результате нарушения технологического режима или неисправности контрольно-измерительных приборов возможен неконтролируемый выход продукта из резервуара (А.1.3). Происходит разлив продукта (А.3.1). В зависимости от количества и свойств этого продукта и структуры грунта вероятны следующие варианты развития пожара:

- а) загазованность территории (А.4.1) и взрыв ПГФ (А.5.1);
- б) пожар на месте разлива продукта (А.5.2);

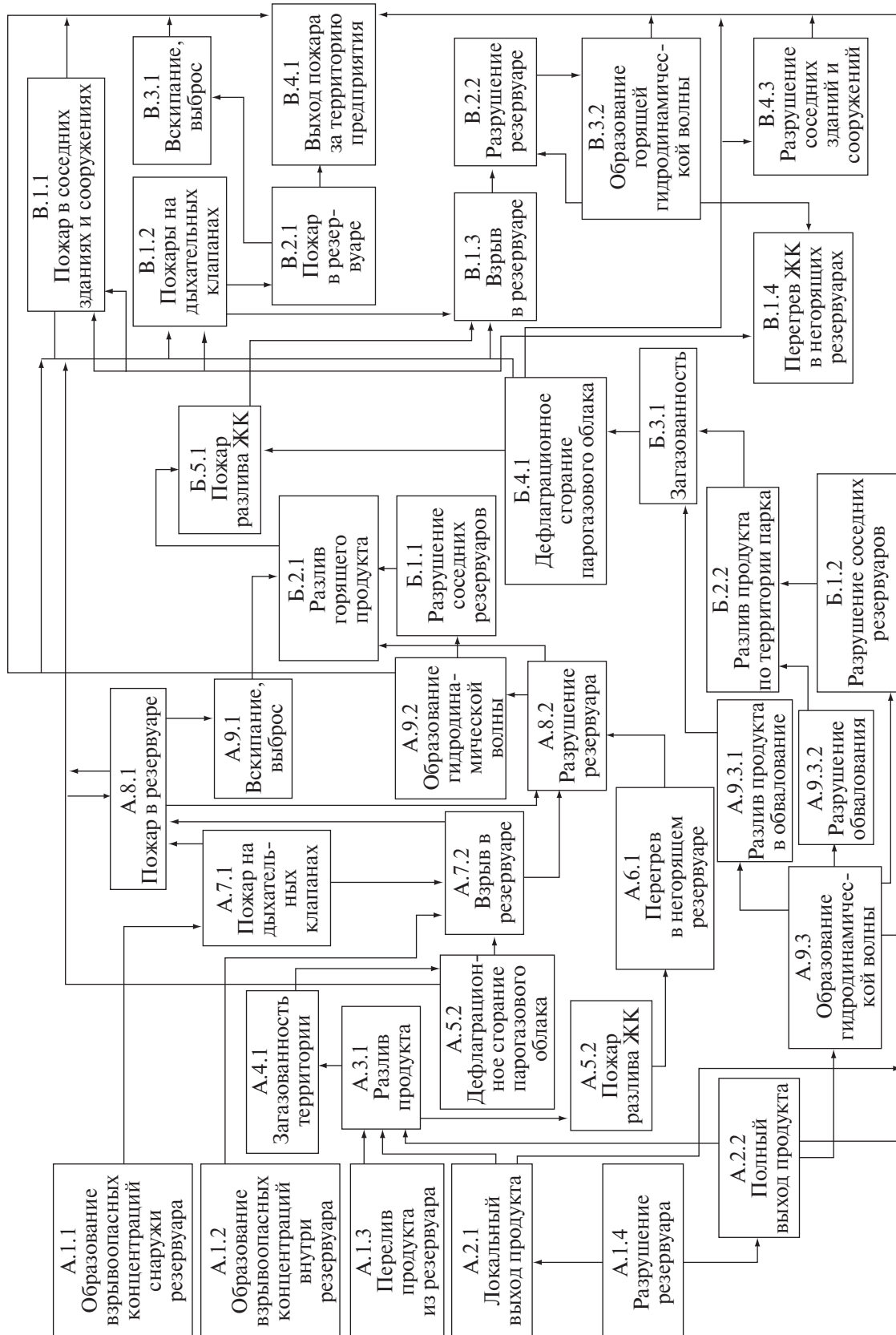


Рисунок Б.2 – Схема возможных сценариев развития пожара в резервуарном парке

в) пожары на территории объекта вследствие попадания нефтепродукта в систему промышленной канализации (В.1.1).

При взрыве парогазовой фазы пожар может сразу перейти на уровень Б или В. В зависимости от непосредственного воздействия тепловой и ударной энергии при взрыве могут произойти:

- а) пожары в соседних зданиях и сооружениях (В.1.1);
- б) пожары на дыхательных клапанах резервуаров (В.1.2);
- в) взрывы на соседних резервуарах (В.1.3);
- г) разрушение соседних резервуаров (8.2.2), зданий и сооружений (В.4.3).

Пожар горючей жидкости при разливе приводит к быстрому нагреву оборудования и конструкций резервуара за счет потоков лучистой энергии пламени и создания взрывоопасных концентраций паров или концентраций выше верхнего предела воспламенения. В этом случае возможны следующие варианты развития пожара в резервуаре:

- а) пожар на дыхательных клапанах (А.7.1);
- б) взрыв паровоздушной фазы в резервуаре (А.7.2);
- в) быстрый нагрев нефтепродукта в негорящем резервуаре с последующим его механическим разрушением в результате интенсивного роста парогазовой фазы (А.8.2).

Дальнейшее развитие пожара возможно по варианту № 1.

Вариант № 4. Последствия полного разрушения резервуара при хранении нефтепродуктов (А.1.4) с последующим горением согласно статистике носят катастрофический характер.

Развитие пожара по А.1.4 при локальной разгерметизации (А.2.1) может пойти по сценарию варианта № 3, начиная с А.3.1.

При полной разгерметизации резервуара (А.2.2) в зависимости от уровня разлива и структуры грунта вероятны следующие варианты развития пожара:

- а) разлив продукта в пределах обвалования (А.9.3.1);
- б) возникновение гидродинамической волны (А.9.3) с последующим разрушением обвалования (А.9.3.2) и/или соседних резервуаров (Б.1.2) с последующим разливом продукта на большой площади (Б.2.2), загазованностью территории с возможным выходом за пределы резервуарного парка (Б.3.1), взрывом парогазовой фазы (Б.4.1). Далее – по сценарию варианта № 3, начиная с Б.5.1, В.2.2 или В.4.3;

в) непосредственный выход гидродинамической волны за пределы производственного объекта (В.4.1).

За последние 20 лет зарегистрировано 43 случая аварий на резервуарах, связанных с полным их разрушением. Механизм аварийного раскрытия резервуаров происходил в основном за счет разрушения наиболее нагруженного конструктивного элемента – узла сопряжения стенки с днищем резервуара. При этом корпус резервуара разрушался по сварному шву

на всю высоту стенки и за счет огромных радиальных усилий, связанных с истечением жидкости. Реактивная сила потока отбрасывала развернутый корпус резервуара с фундамента в противоположную сторону. Наиболее опасным фактором, возникающим при разрушении резервуара, является гидродинамическое истечение (волна прорыва) жидкости из резервуара. Причем, как правило, волна прорыва или разрушала (промывала) обвалование, или перехлестывала через него. При этом нормативное обвалование, а также вид жидкости, уровень ее в резервуаре и характеристика грунта практически не оказывали влияния на площадь затопления. Установлена прямо пропорциональная зависимость площади затопления от объема хранимой жидкости.

Для сценария каскадного развития пожара следует учитывать значения двух факторов, от которых зависит данный сценарий, – загазованности территории и тепловой нагрузки на негорящие резервуары.

Для загазованности территории в таблице Б.1 представлены данные международной классификации зон со взрывоопасными концентрациями. Возможные исходы аварии на наземном газопроводе приведены в таблице Б.2.

Т а б л и ц а Б.1 – Классификация взрывоопасных зон с взрывоопасными концентрациями

Классификация опасности		Факторы опасности существования горючей среды	
Уровень	Характеристика	г/м ³	Вероятность
Зона «0»	Постоянная опасность	Свыше 1000	От 1 до 0,1
Зона «1»	Периодическая опасность	От 1000 до 10	От 0,1 до 0,001
Зона «2»	Опасность при аварийном состоянии	От 10 до 0,1	От 0,001 до 0,00001

Б.7 Типовые сценарии возможных аварий на магистральных газопроводах

Т а б л и ц а Б.2 – Возможные исходы аварии на подземном газопроводе

Исход	Поражающие факторы	Параметры, описывающие варианты исхода
1. Горение «колонного» шлейфа газа, истекающего из котлована, образовавшегося в результате разрушения МГ	А. Воздушная ударная волна (первичная ВУВ, связанная с расширением газа и вторичная ВУВ, связанная с воспламенением ГВС). Б. Механическая нагрузка от летящих фрагментов трубы, грунта, разрушаемых сооружений. В. Тепловая радиация и прямое огневое воздействие. Г. Асфиксионная нагрузка из-за задымленности	Форма, геометрические размеры, угол и направление наклона пламени. Размеры и конфигурация зоны опасного теплового воздействия

Окончание таблицы Б.2

Исход	Поражающие факторы	Параметры, описывающие варианты исхода
2. Горение двух независимых высокоскоростных струй газа, истекающего из концов разрушенного МГ	Те же плюс скоростной напор струи	Длина струевого пламени, направление истечения струи. Размеры зоны теплового воздействия
3. Истечение без воспламенения из котлована и рассеивание «колонного» шлейфа газа	А. Воздушная ударная волна (первичная ВУВ, связанная с расширением газа). Б. Механическая нагрузка от летящих фрагментов трубы, грунта, разрушаемых сооружений. В. Асфиксионная нагрузка из-за пониженной концентрации кислорода, вытесняемого газом	Скорость истечения результирующего потока газа, параметры рассеивания газового шлейфа. Конфигурация и размеры зоны газовой опасности
4. Истечение без воспламенения двух свободных струй газа	Те же, что в п. 3 плюс скоростной напор струи	Скорости истечения и параметры рассеивания газовых струй. Конфигурация и размеры зоны газовой опасности

С учетом приведенного выше в качестве основных типовых групп сценариев аварий на линейной части подземных магистральных газопроводов рассматриваются следующие группы.

Группа сценариев ЛЧ С1

Разрыв газопровода → образование котлована в грунте (как правило, в нормальных (твердых) грунтах) → образование первичной воздушной ударной волны (ВУВ) → разлет осколков трубы и фрагментов грунта → истечение газа из котлована в виде «колонного» шлейфа → воспламенение истекающего газа с образованием столба пламени → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воздействию ВУВ → попадание людей, сооружений, оборудования ЛЧ МГ, транспорта, растительности в зону радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Группа сценариев ЛЧ С2

Разрыв газопровода → вырывание плетей разрушенного газопровода из грунта на поверхность (как правило, в слабонесущих грунтах) → образование первичной ВУВ → раз-

лет осколков трубы и фрагментов грунта → истечение газа из газопровода в виде двух независимых высокоскоростных струй → воспламенение истекающего газа с образованием двух струй пламени, направленных под некоторым углом к горизонту по направлению трассы МГ → образование при воспламенении газа вторичной, незначительной по поражающему воздействию ВУВ → попадание людей, сооружений, оборудования ЛЧ МГ, транспорта, растительности в зону прямого или радиационного термического воздействия от пожара → получение людьми ожогов различной степени тяжести, а также травм от воздействия ВУВ, повреждение перечисленных выше материальных объектов, загрязнение атмосферы продуктами сгорания.

Реализация конкретного варианта исхода (сценария аварии) определяется или задается рядом влияющих (вариантозадающих) факторов.

Например, для исхода, связанного с возникновением пожара «колонного» типа, конкретный его вариант (сценарий) будет выражаться в геометрических размерах (L_{ϕ} – длина столба пламени или, другими словами, рассеянного факела; $D_{\text{эф}}$ – эффективном диаметре очага горения), угле Θ и направлении наклона пламени, продолжительности горения и в итоге в размерах и конфигурации зоны опасного теплового воздействия (вариантоописывающие параметры), которые зависят, в частности, от таких вариантозадающих параметров, как время перекрытия аварийной секции МГ, характеристики грунта, скорость и направление ветра. Поскольку конструктивно-технологические и эксплуатационные параметры декларируемого МГ (диаметр, рабочее давление, состав транспортируемой среды, расстояние между линейными кранами (задвижками), их тип и т.п.) являются величинами заданными, то к вариантозадающим факторам относятся такие случайные характеристики, как: особенности разрушения МГ и образования котлована; метеопараметры; факторы, связанные с неопределенностью места возникновения аварии, сменой сезонов и др.). Перечни возможных значений этих параметров определяют количество вариантов каждого исхода аварии.

Основные вариантозадающие факторы можно проклассифицировать в соответствии с их влиянием на характер поступления газа в атмосферу (функцию источника) и на особенности распространения опасных веществ или энергии (тепловой радиации, ударных волн) в окружающей среде (таблица Б.3).

Все вышеперечисленные вариантозадающие факторы опосредованно или напрямую влияют на конфигурацию и размеры зоны воздействия – термического, токсического, барического, механического (от осколков).

Т а б л и ц а Б.3 – Факторы, определяющие варианты исхода (сценарии) аварии на магистральном газопроводе

Вариантозадающий фактор	На варианты какого исхода влияет (номер по таблице Б.2)	Характер влияния
Факторы, влияющие на функцию источника		
Расположение места аварии относительно КС и линейных запорных кранов	Всех	Влияет на интенсивность и продолжительность истечения газа из концов разорвавшегося МГ
Давление в МГ (в месте разрыва) до аварии	Всех	Определяет интенсивность истечения газа, величину избыточного давления при расширении сжатого газа
Время от момента разгерметизации до перекрытия аварийной секции (время идентификации аварии плюс время остановки ГПА и закрытия линейных кранов)	Всех	Влияет на продолжительность аварийного истечения газа
Размеры котлована	1,3	Определяют скорость истечения газа из котлована, задают форму и геометрические размеры пламени пожара
Геометрия взаимного расположения концов разрушенного МГ в котловане или на поверхности земли	1,2	Влияет на особенности динамического взаимодействия струй истекающего из концов МГ газа, а следовательно, на форму пламени при колонном пожаре или направление независимых горящих струй при струевом горении
Факторы, влияющие на распространение опасных веществ и потоков энергии в окружающей среде		
Метеорологические факторы: скорость и направление ветра, класс стабильности атмосферы, влажность воздуха	Всех	Определяют различные варианты дисперсии газа, задают угол и направление наклона пламени; влажность воздуха определяет проницаемость атмосферы для тепловой радиации
Шероховатость поверхности вблизи места разрыва	3,4	Влияет на особенности рассеивания струи газа или токсичного облака
Распределение по территории, прилегающей к МГ, других опасных объектов	1–2	Влияет на вероятность реализации каскадного развития аварии
Степень оперативности и грамотности действий персонала и аварийных спецслужб по локализации аварии и зон ее воздействия	Всех	Влияет на развитие исходов аварии и размеры зон опасных воздействий

Библиография

- | | | |
|------|---|---|
| [1] | Федеральный закон от 15 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании» | |
| [2] | Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» | |
| [3] | Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» | |
| [4] | Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» | |
| [5] | Ведомственный руководящий документ ОАО Газпром ВРД 39-1.2-054-2002 | Инструкция по техническому расследованию и учету аварий и инцидентов на опасных производственных объектах ОАО «Газпром», подконтрольных Ростехнадзору России |
| [6] | Руководящий документ Ростехнадзора РД 03-418-01 | Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов |
| [7] | Руководящий документ Ростехнадзора РД 09-398-01 | Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности |
| [8] | Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 105-03 | Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности |
| [9] | Правила устройства электроустановок, 7-е издание, утверждены приказом Минэнерго России от 08 июля 2004 г. № 204 | |
| [10] | Строительные нормы и правила Минстроя России СНиП 21-01-97 | Пожарная безопасность зданий и сооружений |
| [11] | Строительные нормы и правила Госстроя России СНиП 31-03-2001 | Производственные здания |

[12]	Методический документ в строительстве МДС 21-1.98	Предотвращение распространения пожара. Пособие к СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений
[13]	Временные нормы технологического проектирования Миннефтегазстроя СССР ВНТП 01/87/04-84	Объекты газовой и нефтяной промышленности, выполненные с применением блочных и блочно-комплектных устройств. Нормы технологического проектирования
[14]	Временные нормы технологического проектирования Миннефтепрома СССР ВНТП 3-85*	Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений (с Изменением № 1)
[15]	Ведомственные указания Миннефтехимпрома СССР ВУП СНЭ-87	Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливноналивных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов
[16]	*Международный стандарт ISO 10497:2004	Клапаны. Требования к испытаниям на огнестойкость
[17]	*Стандарт Американского института нефти API 607:2005	Испытания на пожаростойкость для неполноповоротной арматуры с мягким уплотнением в седле (Модифицированная национальная версия адаптирована ISO 10497)
[18]	Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 237-97	Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость кабельных проходок и герметичных кабельных вводов
[19]	Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 236-97	Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности
[20]	Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 238-97*	Огнезащитные кабельные покрытия. Общие технические требования и методы испытаний

* С официальными переводами указанных стандартов можно ознакомиться во ФГУП «СТАНДАРТ-ИНФОРМ».

[21]	*Стандарт немецкого института по стандартизации DIN 4102-12-1998	Огнестойкость строительных материалов и конструкций. Часть 12. Надежность систем электрических кабелей. Требования и испытания
[22]	Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 104-03	Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях
[23]	Строительные нормы и правила Госстроя России СНиП 2.11.03-93	Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы
[24]	Свод правил Госкомрезерва России СП 21-104-98	Свод правил по проектированию систем противопожарной защиты резервуарных парков Госкомрезерва России
[25]	Межотраслевые правила по охране труда Минтруда России ПОТ Р М-021-2002	Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации нефтебаз, складов ГСМ, стационарных и передвижных автозаправочных станций
[26]	Пособие по обследованию и проектированию зданий и сооружений, подверженных воздействию взрывных нагрузок. М.: АО «ЦНИИПромзданий», 2000	
[27]	Правила безопасности Госгортехнадзора ПБ 08-624-03	Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности
[28]	Руководящий документ Минэнерго СССР РД 34.21.122-87	Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений
[29]	Правила пожарной безопасности МЧС России ППБ 01-03	Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

* С официальными переводами указанных стандартов можно ознакомиться во ФГУП «СТАНДАРТ-ИНФОРМ».

- | | | |
|------|---|---|
| [30] | Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 88-2001* | Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования |
| [31] | Приказ ОАО «Газпром» от 26.01.2000 № 7 | Перечень производственных зданий, помещений, сооружений и оборудования объектов Единой системы газоснабжения ОАО «Газпром», подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и пожарной сигнализации |
| [32] | Руководящий документ Госгортехнадзора РД 03-496-02 | Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах |
| [33] | Определение экономических потерь от пожаров. Методические рекомендации. М.: ВНИИПО МВД СССР, 1990 | |
| [34] | Временные правила пожарной безопасности Минэнерго России ВППБ 01-04-98 | Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности |
| [35] | Нормы пожарной безопасности МЧС России НПБ 110-03 | Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией |
| [36] | Стандарт организации РАО «ЕЭС России» СО 34.03.355-2005 | Методические указания по обеспечению взрывопожаробезопасности при эксплуатации энергетических газотурбинных установок |

* С официальными переводами указанных стандартов можно ознакомиться во ФГУП «СТАНДАРТ-ИНФОРМ».

ОКС 13.220

ОКС 75.180

Ключевые слова: устойчивость объекта, пожар, взрыв, огнестойкость, взрывоустойчивость, авария, экономическая эффективность
