

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

## **ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

### **ЧАСТЬ 1**

## **ТЕОРИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 280100 – «Безопасность жизнедеятельности» и 280700 – «Техносферная безопасность»*

Санкт-Петербург  
Издательство Политехнического университета  
2012

УДК 614.8.084 (331.452)  
ББК 30Н

Авторы:

Бурлуцкий В.С., Бушнев Г.В., Ефремов С.В., Мазур А.С., Малаян К.Р., Монашков В.В., Пелех М.Т., Украинцева Т.В., Улыбин В.Б., Хорошилов О.А., Янковский И.Г. Производственной безопасности. Часть 1. Опасные производственные факторы. Учеб. Пособие. Под ред. С.В. Ефремова.- / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 177 с.

Рецензенты: Заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности СПбГЛТУ, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор О. Н. Русак

Профессор кафедры техносферной и экологической безопасности, доктор педагогических наук, профессор ПГУПС Е.И. Ефимова

Профессор кафедры управления и защиты в чрезвычайных ситуациях доктор технических наук, профессор В.Н. Тарабанов

В пособии изложены основные вопросы производственной безопасности в соответствии с требованиями профессиональных компетенций специалиста в области техносферной безопасности. В первой части учебного пособия приводится идентификация и методы оценки основных опасностей различных производств. Даны основы категорирования и принципы декларирования опасных производственных процессов и объектов. Рассмотрены общие принципы обеспечения безопасности производств на стадиях проектирования, разработки и эксплуатации.

В пособии приводятся требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования и технических устройств на опасном производственном объекте.

Пособие предназначено для студентов специальности «Безопасность технологических процессов и производств» и бакалавров по направлению «Техносферная безопасность».

Табл. 21. Ил. 27. Библиогр.: 89 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

© Бурлуцкий В.С., Бушнев Г.В., Ефремов С.В., Мазур А.С., Малаян К.Р., Монашков В.В., Пелех М.Т., Украинцева Т.В., Улыбин В.Б., Хорошилов О.А., Янковский И.Г., 2012

© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2012

**ISBN 978-5-7422-2668-0**

## Содержание

Предисловие.....	5
Введение.....	9
1. Опасности производственных объектов.....	12
1.1. Понятие опасности.....	12
1.2. Факторы опасности.....	14
1.3 Методы и аппарат анализа опасности.....	18
1.4. Качественный анализ опасностей.....	20
1.5 Количественный анализ опасностей.....	30
1.6 Категорирование и классификация объектов как мера безопасности.....	36
1.6.1 Классификация объектов народного хозяйства Российской Федерации...	37
1.6.2 Классификация чрезвычайных ситуаций (ЧС).....	38
1.6.3 Категорирование производственных объектов в соответствии с Федеральным Законом № 116-ФЗ.....	39
1.6.4 Категорирование уровня взрывоопасности технологических процессов и производств потенциально опасного объекта.....	40
1.7. Анализ риска.....	47
1.7.1 Порядок проведения расчетов по оценке риска.....	49
1.7.2 Разработка рекомендаций по уменьшению риска.....	71
1.8 Управление риском.....	72
1.9 Опасные и вредные производственные факторы.....	79
2. Основы обеспечения безопасности производств.....	81
2.1 Определение понятия «безопасность» и общие принципы обеспечения промышленной безопасности.....	82
2.1.1 Идентификация опасных производственных объектов.....	84
2.1.2 Декларирование промышленной безопасности.....	86
2.1.3. Паспорт безопасности опасного объекта.....	88
2.1.4 Разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций.....	90
2.1.5 Экспертиза промышленной безопасности.....	92
2.2 Безопасность производств на стадиях проектирования и строительства предприятий.....	93
2.2.1 Состав и содержание проектной документации.....	93
2.2.2 Разработка комплексных мероприятий по обеспечению безопасности в проектных решениях.....	96
2.2.3 Категорирование технологических процессов, помещений, зданий и наружных установок на стадии проектирования производств.....	99
2.3 Основы безопасности при разработке технологического процесса.....	113
2.3.1. Выбор способа производства и схемы технологического процесса как средство безопасности.....	113
2.3.2 Соблюдение стандартов и правил как средство безопасности.....	115
2.3.3 Взрывобезопасность производственных процессов.....	116
2.4 Безопасность производств на стадиях эксплуатации.....	118
2.4.1. Технологический регламент производств.....	118
2.4.2 Перечень обязательных инструкций и иных документов на стадиях эксплуатации производств.....	123

2.5	Безопасность на стадии разработки технических условий на продукцию .	125
2.5.1	Состав и содержание технических условий .....	125
2.5.2	Согласование и утверждение технических условий.....	127
2.6	Безопасность при выборе и изготовлении надежных видов оборудования	127
2.6.1	Защитные устройства производственного оборудования.....	129
2.7	Выбор систем контроля, управления и противоаварийной защиты как средства безопасности технологических процессов.....	134
2.7.1	Автоматизация производственных процессов .....	134
2.7.2	Автоматический контроль.....	135
2.7.3	Технологическая сигнализация.....	136
2.7.4	Автоматическое управление .....	136
2.7.5	Автоматическое регулирование.....	137
2.7.6	Автоматическая защита и блокировка .....	137
2.7.7	Выбор автоматических устройств .....	138
2.8	Требования к системе управления.....	139
2.8.1	Требования к средствам защиты и сигнальным устройствам .....	141
2.8.2	Требования к конструкциям оборудования, обеспечивающие безопасность при монтаже, транспортировании, хранении и ремонте .....	142
2.8.3	Общие требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования .....	142
2.8.4	Требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте .....	143
2.9	Эксплуатация производств, техническое обслуживание .....	144
2.9.1	Система планово-предупредительного ремонта.....	145
2.10	Общие требования к выбору и конструированию оборудования .....	147
2.10.1	Механическая прочность оборудования.....	148
2.10.2	Коррозионная стойкость оборудования.....	149
2.10.3	Герметичность оборудования .....	152
2.10.4	Испытание оборудования на герметичность.....	155
2.10.5	Общие требования к безопасности конструкции производственного оборудования .....	156
2.11	Износ оборудования и его влияние на безопасность труда.....	159
2.11.1	Методы снижения износа производственного оборудования .....	161
	Контрольные вопросы.....	165
	Литература .....	167
	Содержание части 2.....	173
	Содержание части 3.....	175

## Предисловие

Уважаемый читатель, Вы взяли в руки книгу, посвященную одному из элементов подготовки профессионалов в сфере техносферной безопасности. Книга является по форме учебным пособием, то есть ее основной читатель - это студент осваивающей специальности «Безопасность технологических процессов и производств». Специальность относительно новая, она появилась на рубеже 20 и 21 веков, и символично то, что предтечей этой специальности была специальность «Фабричный инспектор», профессионально готовить к которой стали на рубеже 19 и 20 веков. Советский период российской истории характерен тем, что специалисты в области гигиены труда готовились в университетах и медицинских институтах по полной программе высшего образования, а специалисты в области охраны труда готовились только в рамках программ повышения квалификации и переподготовки. В настоящий момент профессионалов в области охраны труда готовят по полной программе высшего образования в рамках специальности «Безопасность технологических процессов и производств», краеугольным камнем этой программы является дисциплина «Производственная безопасность». Она является профилирующей дисциплиной, обеспечивающей подготовку студентов к исполнению обязанностей связанных с обеспечением травмобезопасности. Ее освоение формирует знания, умения и навыки по разработке инженерных и организационных решений направленных на снижение производственного травматизма.

Дисциплина базируется на фундаментальных основах теории безопасности, электротехники, механики, теплофизики, теории горения и взрыва.

Дисциплина осваивается слушателями на эвристическом уровне сформированности умений и навыков. В результате изучения дисциплины студент должен:

- иметь представление об основных научно-технических проблемах технологической безопасности производственных процессов и оборудования; об источниках опасных и вредных факторов современного производства и их интенсивности; о перспективных направлениях совершенствования и развития безопасных технологических процессов в свете научно-технического прогресса.

- знать опасности среды обитания: виды, классификацию, поля действия, источники возникновения, теорию защиты.

- уметь идентифицировать опасности и разрабатывать организационно-технические решения по обеспечению травмобезопасности.

- владеть способностью управлять процессами снижения профессиональных и техногенных рисков.

Дисциплина вносит вклад в формирование таких компетенций выпускника как:

- владение культурой безопасности и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности;

- способность использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач;

- способность составлять прогнозы возможного развития ситуации и принимать решения по минимизации рисков.

Учебное пособие состоит из трех частей и 10 разделов. Структура пособия приведена на рис. 1.

<b>Часть I</b>	
<b>ТЕОРИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>	
Раздел 1 Опасности производственных объектов	Раздел 2 Основы обеспечения безопасности производств
▼	
<b>Часть II</b>	
<b>ЗАЩИТА ОТ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ</b>	
Раздел 3 Электробезопасность	Раздел 5 Безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов
Раздел 4. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин	Раздел 6 Безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия
▼	
<b>Часть III</b>	
<b>ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b>	
Раздел 7 Основы пожарной безопасности	Раздел 9 Системы и средства обеспечения пожарной безопасности
Раздел 8 Пожарная безопасность технологических процессов	Раздел 10 Организация обеспечения пожарной безопасности

Рис. 1. Структура учебного пособия

В первой части проанализирован понятийный аппарат, дана характеристика опасных производственных факторов, рассмотрены методы анализа опасностей и управления риском, приведено описание безопасности производственного объекта на разных стадиях его жизненного цикла.

Во второй части рассмотрена система защиты от опасных производственных факторов, причем вся система разделена на 4 подсистемы: подсистема обеспечивающая электробезопасность, подсистема обеспечивающая безопасность эксплуатации грузоподъемных машин, подсистема обеспечивающая безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов и подсистема обеспечивающая безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия.

Третья часть посвящена пожарной безопасности, как составной части производственной безопасности, в ней рассмотрены физико-химические основы процессов горения и взрыва, дана характеристика пожарной безопасности основных технологических процессов, проанализированы как техническая, так и организационная составляющие обеспечения пожарной безопасности.

Учебное пособие написано коллективом авторов трех университетов Санкт-Петербурга: Политехнического, Технологического и Государственной противопожарной службы, решение обобщить опыт преподавания дисциплины Производственная безопасность в едином учебном пособии была высказана на заседании Учебно-методической комиссии по техносферной безопасности ВУЗов Северо-западного федерального округа (УМК СЗФО ТБ) профессорами Хорошиловым О.А., Мазуром А.С. и Монашковым В.В., ведущими преподавателями этой дисциплины в своих университетах. Идея была положительно воспринята педагогами Северо-запада под эгидой УМК СЗФО ТБ была сформирована группа авторов.

Необходимость такого большого количества авторов связано с широтой платформы на базе которой формируются основные разделы производственной безопасности это химия, теплофизика, механика, электротехника, пожарное дело. Поэтому у нас среди авторов химики: Ефремов С.В., Мазур А.С., Украинцева Т.В., Янковский И.Г., теплофизики: Монашков В.В., Улыбин В.Б., электрик - Малаян К.Р., специалист по экспертизе подъемно-транспортных машин Бурлуцкий В.С., профессиональные пожарные Бушнев Г.В., Пелех М.Т., Хорошилов О.А.

Работа заняла несколько лет и вот первая редакция выходит в свет. Авторский коллектив выражает благодарность заместителю начальника Научно-методического центра УМО СПбГПУ Егоровой Надежде Юрьевне, техническим редакторам Гомзовой Юлии Валерьевне и Цветковой Анне Юрьевне. Особую благодарность хочется высказать рецензентам: доктору технической наук, заслуженному деятелю науки и техники РФ, профессору Русаку Олегу Николаевичу, доктору педагогических наук, профессору Ефимовой Елене Ивановне, доктору технических наук, профессору Тарабанову Виктору Николаевичу, их принципиальность и профессионализм позволили сделать книгу более совершенной.

Но в мире нет ничего абсолютно идеального и абсолютно совершенного, поэтому мы ждем Ваших предложений и замечаний по адресу электронной по-

чты УМК СЗФО ТБ [umk-tb@mail.ru](mailto:umk-tb@mail.ru). Приглашаем к обсуждению основных положений учебного пособия на сайте <http://www.bzhd.spbstu.ru>.

Редактор учебного пособия Ефремов С.В.



Расширение исследований в области безопасности ... обеспечат возможность дальнейшего технического развития с уменьшенным риском.

**В. Легасов.**

## **Введение**

Основой любой конкретной деятельности является некоторое связанное множество понятий – понятийный ряд. Этот ряд позволяет строить модели объектов и исследовать их свойства. При формировании структуры понятийного ряда необходимого для изучения производственной безопасности в качестве исходного понятия выберем понятие «вред», тогда «опасность» определится как свойство объекта, выраженное в его способности причинять вред себе и другим объектам. Опасности реализуются в ходе некоторых событий, назовем их «опасные события», при реализации опасного события причиняется вред, результат причинения вреда назовем «поражением».

Нереализованную (потенциальную) опасность будем характеризовать таким понятием как «риск», понимая под риском меру опасности. Мера – это количественная характеристика, меру опасности будем представлять как произведение вероятности причинения вреда, на тяжесть причиненного вреда. В соответствии с действующими нормами, нормативные требования чаще всего являются детерминированными значениями физических, химических или биологических характеристик вредных и опасных факторов, если же учесть вероятность реализации факта превышения критериальных значений (норм) то вместо детерминированной меры опасности мы получим вероятностную меру опасности, которую назовем показатель профессионального риска.

Свойство объекта противостоять опасности назовем «безопасность». Рассматривая понятийный ряд в области охраны труда, в качестве объекта, который должен противостоять опасностям целесообразно выбрать условия труда и говорить о «безопасности условий труда», но в настоящее время часто взамен этого термина применяют термин «безопасность труда», понимая под безопасностью труда, такие условия труда, которые обеспечивают нормативные требования к производственной среде и трудовому процессу. Систему мероприятий по обеспечению безопасности будем называть «охраной труда». Термин охрана труда сложился исторически. В царской России использовался созвучный ему термин «охрана жизни и здоровья рабочих».

В международном законодательстве используется термин occupational safety and health, который дословно переводится как производственная безопасность и здоровье. По смысловой нагрузке этот термин совпадает с нашим термином охрана труда. Однако в документах МОТ на русском языке можно встретить и другие переводы этого словосочетания. Мы будем использовать термин охрана труда, как единый для определения всего комплекса мероприятий по обеспечению безопасности труда.

В Трудовом Кодексе Российской Федерации охрана труда определяется как система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Последняя фраза: «...и иные мероприятия» делает это определение незаконченным, поскольку не понятно какие именно это мероприятия. С точки зрения логики, делая дефиницию для термина, мы должны описать полную группу событий, входящих в этот термин, т.е. точно определить все его составляющие, по нашему мнению их пять (см. рис.):

- социально правовые аспекты, в том числе экономические;
- производственная санитария;
- гигиена труда;
- производственная безопасность.

Производственная санитария определяется как система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Производственная безопасность определяется как комплекс мероприятий по обеспечению безопасности в случае возникновения опасных факторов и включает в себя электробезопасность, безопасную эксплуатацию оборудования, безопасное протекание технологических процессов, безопасность перемещения грузов и безопасность перемещения персонала по территории предприятия.

Гигиена изучает меры, направленные на профилактику вредного (на стыке с производственной санитарией) и опасного (на стыке с производственной безопасностью) воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на работников. Кроме того на стыке гигиены и производственной безопасности существует такая наука, как эргономика. Эргономика — это наука о приспособлении рабочих мест, оборудования и компьютерных программ для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма. Гигиена также включает в себя санитарно-бытовое обеспечение работников, лечебно-профилактическое питание и реабилитационное лечение.

Необходимо разобраться также, каким образом соотносятся понятия охрана труда и промышленная безопасность. Исходя из определения ФЗ №116 от 21.07.1997 промышленная безопасность опасных производственных объектов — это состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий. Основная цель промышленной безопасности - предотвращение и/или минимизация последствий аварий на опасных производственных объектах. Основная цель охраны труда - сохранение жизни и здоровья работников. Промышленная безопасность не является полностью составной частью охраны труда, поскольку аварии на опасных производственных объектах могут затронуть не только работников предприятия, но и остальное население. Однако, те функции, которые несет промышленная безопасность относительно работников, полностью вписываются в производственную безопасность. Т.е.

можно сказать, что охрана труда и промышленная безопасность пересекаются лишь в части производственной безопасности.

Еще один термин, с которым нужно четко определиться – это техника безопасности. Для многих техника безопасности и охрана труда часто являются неразличимыми, например, до недавнего времени на многих предприятиях должность инженера по охране труда называлась инженер по технике безопасности, однако это исторически сложившаяся ошибка, поскольку техника безопасности является составной частью охраны труда. По ГОСТ 12.0.002-80 техника безопасности – это система организационных мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов. Однако в том же ГОСТе дается эквивалент этого термина на английском, который звучит как safety (laws), что в дословном переводе означает: безопасность (законы, предписывающие акты). Большая советская энциклопедия определяет технику безопасности как один из разделов охраны труда, представляющий собой систему организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работников опасных производственных факторов. Таким образом, техника безопасности полностью соответствует более широко применяемому в настоящее время термину производственная безопасность. Терминология любой науки постоянно претерпевает изменения: появляются новые термины, а старые иногда заменяются на более употребительные. По нашему мнению, термин техника безопасности отжил свое и целесообразно полностью заменить его термином производственная безопасность, как полностью соответствующим по содержанию более современным.

Таким образом, исходя из приведенных выше посылок, производственную безопасность можно определить как один из элементов системы охраны труда, остальные элементы это - социально-правовые мероприятия, производственная санитария и гигиена труда.

Для обеспечения требований производственной безопасности необходимы знания во многих областях, а именно:

- идентификация опасностей производственных объектов;
- общие принципы обеспечения промышленной безопасности;
- электробезопасность;
- безопасность эксплуатации грузоподъемных машин;
- безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорного и теплоэнергетического оборудования;
- безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия;
- пожарная безопасность.

Указанные вопросы и составляют основу содержания данного учебного пособия.

# 1. Опасности производственных объектов

## 1.1. Понятие опасности

Аксиомы опасности труда:

- 1) потенциальная опасность является универсальным свойством производственной деятельности;
- 2) причиной реализации опасности всегда являются опасные действия (отсутствие необходимых действий) человека;
- 3) опасное производство социально и экономически невыгодно обществу.

Высочайшие достижения человеческой цивилизации, символы и гордость нашего времени – прорыв человека в космос, овладение атомной энергией, победы над болезнями – оборачивается, к сожалению, гибелью в промышленных авариях и катастрофах сотнями, а порой тысячами людей. Возникает вопрос: насколько безопасна техносфера – среда обитания современного человека, создаваемая им самим?

Современные технологии, основанные на новых энергоносителях, и сложившаяся индустриальная структура представляют значительную опасность для людей (персонала предприятия и населения), окружающей среды и самой промышленности. Это обстоятельство наглядно иллюстрирует случаи происшедших промышленных катастроф. Приведем краткое описание таких катастроф.

Авария на заводе по производству пестицидов в Бхопале 03.10.1984 г. (Индия). Погибло свыше 2 тыс. человек, более 200 тыс. человек серьезно пострадали.

Авария на хранилище сжиженных газов в Сан-Хуан-Иксуатепек 19.11.1984 г. (Мексика). Погибло свыше 500 человек, более 7 тыс. человек серьезно пострадали, эвакуировано около 200 тыс. человек.

Авария на Чернобыльской АЭС 26.04.1996 г. (СССР). В первые дни после аварии погибло 32 человека; Количество людей, умерших впоследствии, неизвестно. Эвакуировано свыше 130 тыс. человек, отчуждено от хозяйственной деятельности более 3 тыс. квадратных километров земли. Материальный ущерб оценить невозможно.

Авария на продуктопроводе в Башкирии 04.06.1989 г. (СССР). Погибло свыше 500 человек, серьезно пострадало около 1100 человек.

Прорыв плотины Киселевского водохранилища 14.06.1993 г. (Россия). Погибло 12 и пострадало 6500 человек. Затоплено 69 квадратных километров поймы реки Каква, и жилых массивов г. Серова и других населенных пунктов. Ущерб составил 63,3 млрд. рублей (в ценах 1993 года).

Воздействие аварий техногенного характера по основным показателям становится соизмеримым с такими грозными природными явлениями, как ураганы и цунами. Из сил природы лишь землетрясения остаются пока более грозной опасностью, чем техносфера.

Таким образом, сегодня, система «человек-опасность» - основной предмет усиленного изучения специалистами различных направлений. При этом необходимо уяснить смысл таких терминов как «опасность» и «риск», «безопасность», которые весьма часто употребляются в научно-технической литературе, нормативно-правовых документах и в средствах массовой информации.

Рассмотрим подробнее такие понятия, как опасность, опасные и вредные производственные факторы, риск и безопасность. Что объединяет эти понятия и в чем их различие?

Проблемы безопасности, оценки риска и защиты от опасностей сопровождали человечество со времени его появления. Первым документальным подтверждением этого факта является, видимо, Ветхий Завет (восьмой век до нашей эры). В Пятой Книге Моисеевой, Второзаконие, гл. 22, стих 8 сказано буквально следующее: «Если будешь строить новый дом, то сделай перила около кровли твоей, чтобы не нанести тебе крови на дом твой, когда кто-нибудь упадет с него».

Прежде чем привести общепринятые (специалистами) определения риска, приведем определения, данные толкователями русского языка. Это, безусловно, будет способствовать пониманию термина на интуитивном уровне.

Итак, по В.Далю [3] риск – отвага, смелость, решимость, действие на авось, наудачу. В.Даль дает также замечательное определение термина «рисковать»: пускаться наудачу, на неверное дело, наудалую, без верного расчета, подвергаться случайности, действовать смело, предприимчиво, надеясь на счастье.

По С.Ожегову риск:

- возможность опасности, неудачи;
- действие наудачу в надежде на счастливый исход;

В Толковом Словаре русского языка под ред. Д.Ушакова даются следующие определения риска:

Возможная опасность. Действие наудачу в надежде на счастливую случайность.

Возможный убыток или неудача в коммерческом деле.

Опасность, которой производится страхования имущества.

А.Елохин отмечает, что последнее определение весьма важно, поскольку страховые организации существуют не только потому, что у общества есть потребность возместить свои потери в случае неких нежелательных событий, но и потому, что страховые организации умеют оценить вероятность таких событий. По-видимому, организации, подобные страховым, были первыми, кто использовал элементы современной теории риска в своей деятельности.

Основной вклад в формирование и развитие анализа риска внесли специалисты в области промышленной безопасности, в том числе английский специалист В. Маршал.

По его определению риск – частота реализации опасностей (определённого класса). Очевидно, что размерность этой величины – обратное время, то есть

единица, делённая на величину промежутка времени (обычно промежуток времени принимается равным одному году).

Анализ опасностей современной техносферы следует начинать, очевидно, с выявления основных фактов, определяющих потенциальную опасность промышленных объектов для персонала, населения и окружающей среды.

Предварительно дадим несколько определений.

Под опасностью следует понимать ситуацию (в природе или техносфере), в которой возможно возникновение явлений или процессов, способных поражать людей, наносить материальный ущерб, разрушительно действовать на окружающую человека среду.

Так как ситуации, в которых может оказаться, человек весьма разнообразны, то вводятся такие понятия, как добровольная и принудительная опасность.

Добровольная опасность – опасность, наличие которой принимается добровольно. Примеры добровольных опасностей – аварии промышленных предприятий для персонала, занятия горными лыжами или дельтапланеризмом, курение, употребление алкоголя и т.п.

Принудительная опасность – опасность, которая вводится помимо желания людей, принудительно. Примеры принудительных опасностей – аварии промышленных предприятий для населения, терроризм и т.п.

## **1.2. Факторы опасности**

Актуальность проблем безопасности жизнедеятельности (БЖД) вызвана тем, что современный человек живет в мире опасности со стороны природных, антропогенных, технических, экологических, социальных и др. факторов.

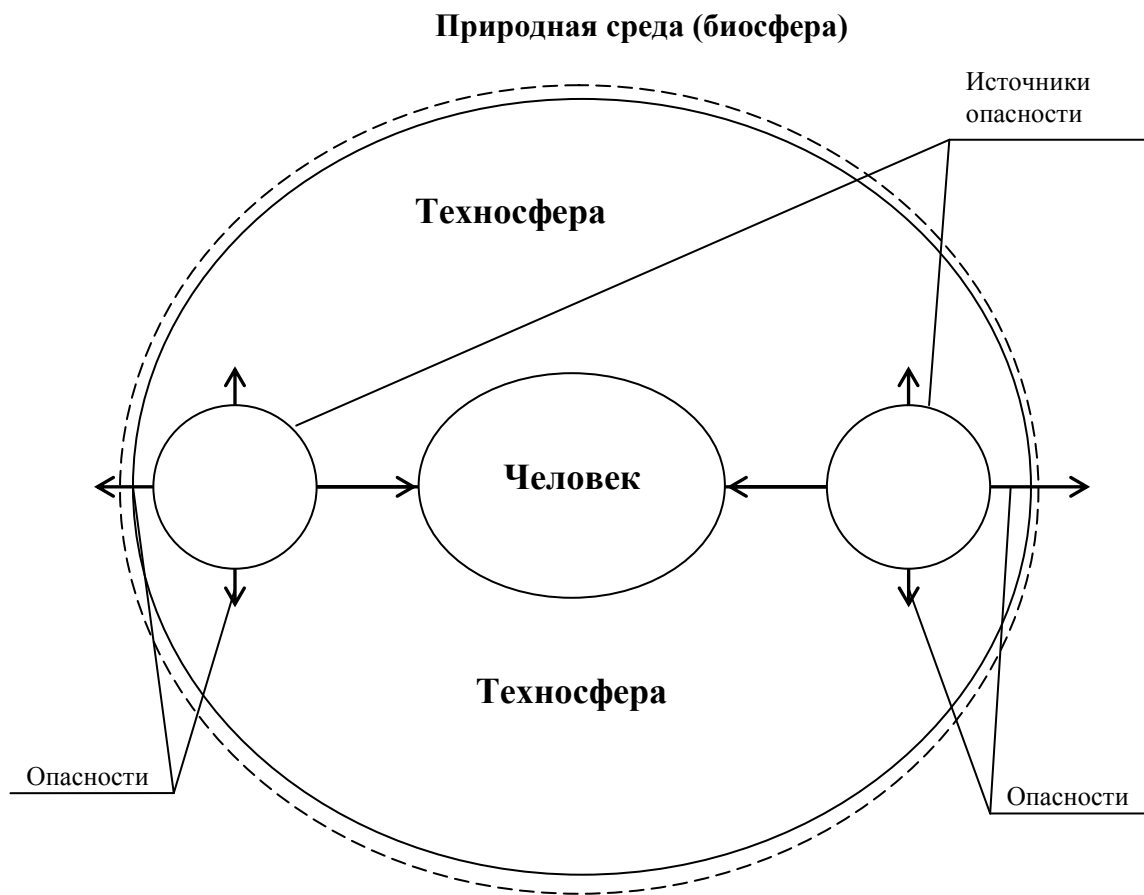
Аксиома о потенциальной опасности является основным постулатом в БЖД. Она гласит: «потенциальная опасность является неотъемлемым свойством процесса взаимодействия человека со средой обитания на всех стадиях его жизненного цикла». Любая деятельность, как условие существования человеческого общества, потенциально опасна. Аксиома о потенциальной опасности говорит о том, что все действия человека и все компоненты среды обитания, прежде всего технические средства и технологии, кроме позитивных свойств и результатов обладают способностью генерировать опасные и вредные факторы см. рисунок 1.1

Опасность – это явления, процессы, объекты, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека косвенно или непосредственно, то есть вызвать нежелательные последствия см. рисунок 1.2.

Опасности делятся:

- 1). по природе происхождения
  - природные (естественные);
  - техногенные;
  - антропогенные;
  - экологические;
  - смешанные.
- 2). по времени проявления отрицательных последствий

- импульсные;
- кумулятивные



**Природная среда (биосфера)**

Рисунок 1.1 – Системы «Человек – техносфера» и «Техносфера – природная сфера»

- 3). по локализации, связанные с
  - литосферой;
  - гидросферой;
  - атмосферой;
  - космосом.
- 4). по вызываемым последствиям
  - заболевания;
  - травмы;
  - летальные исходы;
  - пожары;
  - взрывы;
  - аварии;
  - загрязнение окружающей среды;



Рисунок 1.2 – Декомпозиция опасной ситуации

5). по приносимому ущербу

- социальные;
- технические;
- экологические;
- экономические.

Адаптация человека к окружающей среде и повышение его защищенности (реализуется путем подготовки персонала к труду и использования средств индивидуальной (коллективной) защиты).

На рисунке 1.3 приведены варианты взаимного расположения зоны действия опасностей и зоны пребывания работающего.



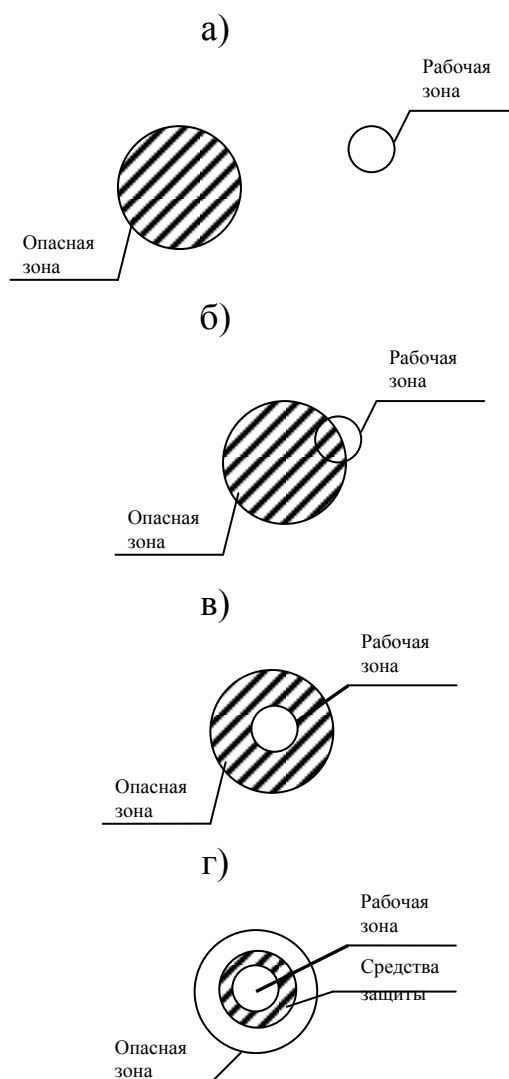


Рисунок 1.3 - Варианты взаимного расположения зоны действия опасности и зоны пребывания работающего

- а) безопасная ситуация; б) ситуация кратковременной или локальной опасности; в) опасная ситуация; г) условно опасная ситуация

Таким образом, термин «опасность» описывает возможность осуществления некоторых условий технического, природного и социального характера, при наличии которых могут наступить неблагоприятные события и процессы, например, аварии на промышленных предприятиях, природные катастрофы или бедствия, экологические или социальные кризисы.

Следовательно, «опасность» - это ситуация, постоянно присутствующая в окружающей и производственной среде и способная, при определенных условиях, привести к реализации не желательного события – возникновению опасного фактора. Соответственно, реализация опасности – это обычно случайное явление, и возникновение опасного фактора характеризуется вероятностью явления.

### **1.3 Методы и аппарат анализа опасности**

Объектом анализа опасности является система «человек – машина – окружающая среда», в которой в единый комплекс объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом.

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, потенциальные аварии и катастрофы, последовательности развития событий, вероятности аварий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения аварий и смягчения их последствий.

Методы определения потенциальных опасностей можно разделить на:

- инженерные методы с использованием статистики, реализуемые расчетом частот, вероятностным анализом и построением «деревьев» опасности (событий, отказов);

- модельные методы: основаны на построении моделей воздействия опасных и вредных факторов на отдельного человека, профессиональные и социальные группы населения;

- экспертные методы: включают определения вероятностей различных событий на основе опроса опытных специалистов-экспертов;

- социологические методы, которые основаны на опросе населения.

Анализ опасностей описывает опасности качественно и количественно и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Он базируется на знании алгебры логики и событий, теории вероятностей, статистическом анализе, требует инженерных знаний и системного подхода.

Для отражения различных аспектов опасности, перечисленные выше методы, применяются в комплексе см. рисунок 1.4.

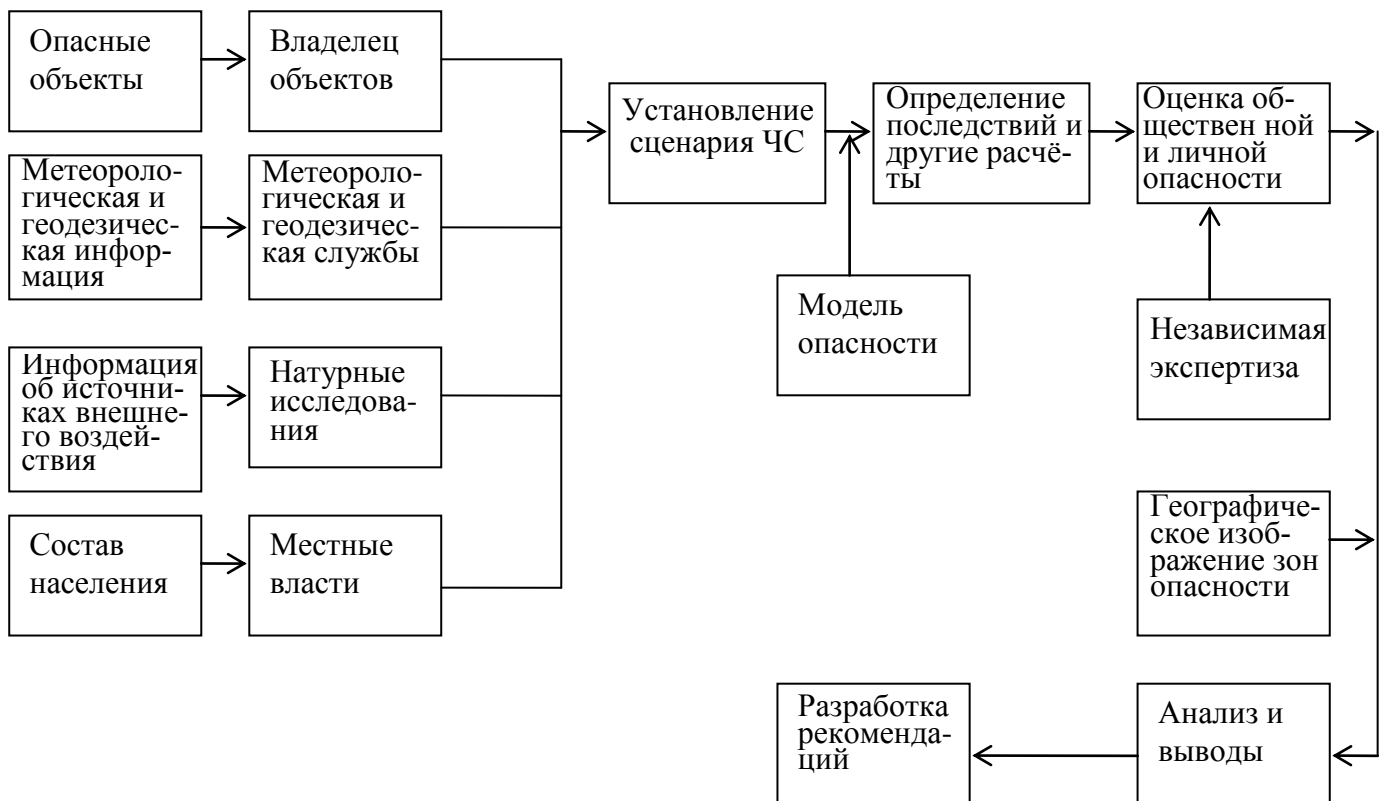


Рисунок 1.4 – Схема процесса оценки опасности промышленного объекта

На стадии идентификации производственных объектов, как правило, создается компьютерная модель опасного объекта. Под компьютерной моделью объекта понимается база данных об объекте, хранящая необходимую информацию для подсчета сценариев. К таким данным, например, относится перечень и технические характеристики технологического оборудования, содержащего опасные вещества. Для каждой единицы оборудования в базе данных заносится информация о типе, местонахождении на объекте, технологических параметрах, сроке ввода в эксплуатацию, сроков ремонтов и освидетельствований, рыночной стоимости. Кроме того, в базе данных содержится информация об элементах окружающей застройки. Заполнение базы данных объекта производится на основе анализа различной документации объекта.

В базе данных храниться таблица с описанием пожаро- и взрывоопасных, токсичных свойств веществ, имеющихся на объекте, а также информация о распределении персонала по объекту и населения окружающей застройки. Кроме того, в базу данных закладываются правила действия персонала в случае возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций на объекте.

Анализ опасностей начинают с предварительного исследования, позволяющего идентифицировать источники опасности. Затем проводят детальный *качественный анализ*.

## 1.4. Качественный анализ опасностей

Выбор качественного метода анализа опасностей зависит от цели анализа, назначения объекта и его сложности.

К группе методов качественных оценок опасностей относятся:

1) Методы проверочного листа и анализа «Что будет, если?» или их комбинации, основанные на изучении соответствия объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.

Результатами проверочного листа является перечень ответов на вопросы о соответствии опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности и указания по их обеспечению. Метод проверочного листа отличается от анализа «Что будет, если?» более обширным представлением исходной информации и представлением результатов о последствиях нарушений безопасности.

Эти методы наиболее просты (особенно при обеспечении их вспомогательными формами, унифицированными блоками, облегчающими на практике проведение анализа), не трудоемки (результаты могут быть получены одним специалистом в течение одного дня) и наиболее эффективны при исследовании безопасности объектов с известной технологией.

2) Анализ видов и последствий отказов (АВПО) применяется для качественного анализа опасности рассматриваемой технической системы. Под технической системой, в зависимости от целей анализа, могут пониматься как совокупность технических устройств, так и отдельные технические устройства или их элементы.

Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Анализ видов и последствий отказа можно расширить до *количественного анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО)*. В этом случае каждый вид отказа ранжируется с учетом двух составляющих критичности: вероятности (или частоты) и тяжести последствий отказа. Определение параметров критичности необходимо для выработки рекомендаций и приоритетности мер безопасности.

Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видов и причин возможных отказов, с частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендаций по уменьшению опасности.

Систему классификации отказов по критериям вероятности – тяжести последствий следует конкретизировать для каждого объекта или технического устройства с учетом его специфики.

Ниже (в таблице 1.1) в качестве примера приведены показатели (индексы) уровня и критерии критичности по вероятности и тяжести последствий отказа.

Таблица 1.1 - Матрица “вероятность – тяжесть последствий”

Отказ	Частота возникновения отказа в год	Тяжесть последствий отказа			
		катастрофического	критического	некритического	с пренебрежимо малыми последствиями
Частый	$> 1$	A	A	A	C
Вероятный	$1 \div 10^{-2}$	A	A	B	C
Возможный	$10^{-2} \div 10^{-4}$	A	A	B	C
Редкий	$10^{-4} \div 10^{-6}$	A	A	C	D
Практически невероятный	$< 10^{-6}$	B	C	C	D

Для анализа введены четыре группы, которым может быть нанесен ущерб от отказа:

- персонал;
- население;
- имущество (оборудование, сооружения, здания, продукция и т.п.);
- окружающая среда.

В таблице 1.1 применены следующие варианты критериев:

*1 Критерии отказов по тяжести последствий.*

- 1). катастрофический отказ – приводит к смерти людей, существенному ущербу имуществу, наносит невосполнимый ущерб окружающей среде;
- 2). критический отказ – угрожающий жизни людей, приводит к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;
- 3). некритический отказ – не угрожает жизни людей, не приводит к существенному ущербу имуществу, окружающей среде;

4). отказ с пренебрежимо малыми последствиями – отказ, не относящийся по своим последствиям ни к одной из первых трех категорий.

*II Категории (критичность) отказов и соответствующие мероприятия*

«А» – обязателен количественный анализ риска или требуются особые меры обеспечения безопасности;

«В» – желателен количественный анализ риска или требуется принятие определенных мер безопасности;

«С» – рекомендуется проведение качественного анализа опасностей или принятие некоторых мер безопасности;

«D» – анализ и принятие специальных (дополнительных) мер безопасности не требуется.

Методы АВПО и АВПКО применяются, как правило, для анализа проектов сложных технических систем или технических решений. Выполняются группой специалистов различного профиля (например, специалистами по технологии, химическим процессам, инженером-механиком) из 3÷7 чел. в течение нескольких дней, недель.

3) Метод анализа опасности и работоспособности (АОР).

Методом АОР исследуются опасности отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов. АОР по сложности и качеству результатов соответствует уровню АВПО, АВПКО.

В процессе анализа для каждой составляющей производственного объекта или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению. При характеристике отклонения используются ключевые слова «нет», «больше», «меньше», «так же, как», «другой», «иначе чем», «обратный» и т.п. Применение ключевых слов помогает исполнителям выявить все возможные отклонения. Конкретное сочетание этих слов с технологическими параметрами определяется спецификой производства.

Примерное содержание ключевых слов следующее:

- «нет» - отсутствие прямой подачи вещества, когда она должна быть;
- «больше (меньше)» - увеличение (уменьшение) значений режимных переменных по сравнению с заданными параметрами (температуры, давления, расхода);
- «так же, как» - появление дополнительных компонентов (воздух, вода, примеси);
- «другой» - состояние, отличающееся от обычной работы (пуск, остановка, повышение производительности и т.д.);
- «иначе, чем» - полное изменение процесса, непредвиденное событие, разрушение, разгерметизация оборудования;
- «обратный» - логическая противоположность замыслу, появление обратного потока вещества.

Результаты анализа представляются на специальных технологических листах (таблицах). В таблице 1.2 представлен фрагмент результатов анализа опасности и работоспособности (АОР) цеха холодильно-компрессорных уста-

новок. В таблице 1.2 приведены также экспертные большие оценки вероятности возникновения рассматриваемого отклонения «В», тяжести и последствий «Т» и показателя критичности «К=В+Т». Показатели «А» и «Т». Показатели «В» и «Т» определялись по 4-бальной шкале (бал, равный 4, соответствует максимальной опасности). Степень опасности отклонений может быть определена *количественно* путем оценки вероятности и тяжести последствий рассматриваемой ситуации по *критериям критичности* аналогично между АВПКО (см. табл. 1.1).

Таблица 1.2. - Перечень отклонений при применении метода изучения опасности и работоспособности (АОР) компрессорного узла цеха холодильно-компрессорных установок (фрагмент результатов)

Ключевое слово	Отклонение	Причины	Последствия	В	Т	К	Рекомендации
Меньше	Нет потока вещества.	1.Разрыв трубопровода.  2.Отказ в системе электропитания.	Выброс аммиака.  Опасности нет.	2	4	6	Установить систему аварийной сигнализации. Повысить надежность системы резервирования.
Больше	Повышение давления нагнетания компрессора.    Повышение температуры нагнетания компрессора.	3.Закрит нагнетательный клапан.	Разрушение компрессора и выброс аммиака.	1	2	3	Заменить реле давления, предохранительный и обратные клапаны.
		4.Отсутствует или недостаточная подача воды на конденсатор.	Как в п.3	1	2	3	-
		5.Наличие большого количества воды в конденсаторе.	Образование взрывоопасной смеси.	1	2	3	-
		6.Нет протока воды через охлаждаемую рубашку компрессора.	Разрушение компрессора с выбросом аммиака. Как в п.6	1	2	3	Установить реле температуры на компрессорах ВД и НД
Меньше	Понижение давления всасывания.	8.Повышенная производительность компрессора.	Опасности нет.	1	1	2	Проверить реле давления.



Отметим, что метод АОР, так же как АВПКО, кроме идентификации опасностей и их ранжирования *позволяет* выявить неясности и неточности в инструкциях по безопасности и способствует их дальнейшему совершенствованию. Недостатки методов (АОР, АВПКО) связаны с затрудненностью их применения для анализа комбинации событий, приводящих к аварии.

4) Логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий». Практика показывает, что крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчетные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» (неполадок) и «деревьев событий».

*Метод анализа «деревьев отказов».*

Для анализа фазы инициирования аварий, вызываемых отказами оборудования наиболее часто используется метод дерева неполадок. Одним из главных достоинств метода является систематичное, логически обоснованное построение множества взаимосвязей отказов элементов системы, которые могут приводить к аварии.

Этот метод требует от исследователя полного понимания функционирования системы и характера возможных отказов ее элементов.

*Дерево неполадок* – это графическое представление логических связей между отказами оборудования и аварийными ситуациями.

Отказы, входящие в структуру дерева неполадок, могут быть поделены на три группы [6,10]:

1. первичные отказы;
2. вторичные отказы;
3. отказы управления.

К первичным отказам относятся отказы оборудования, которые произошли при условиях, в которых обычно функционирует данное оборудование.

Вторичные отказы происходят вследствие изменений условий работы оборудования, в частности из-за отклонений от технологического регламента. Отказы управления имеют место, когда нормально функционирующее оборудование не получает по каким-либо причинам управляющих сигналов, что приводит в конечном счете к его неправильной работе.

Таким образом, дерево отказов – это топологическая модель надежности и безопасности, которая отражает логико-вероятностные взаимосвязи в виде первичных отказов или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному анализируемому событию.

Выделяют следующие типы вершин дерева отказов:

- вершины, отображающие первичные отказы;
- вершины, отображающие результирующие или вторичные отказы;

- вершины, соответствующие операции логического объединения случайных событий (типа «И»).

Операция «И» означает, что перед тем, как произойдет некоторое событие «А», должно произойти несколько событий, например, «Б» и «В» см. рисунок 1.5.

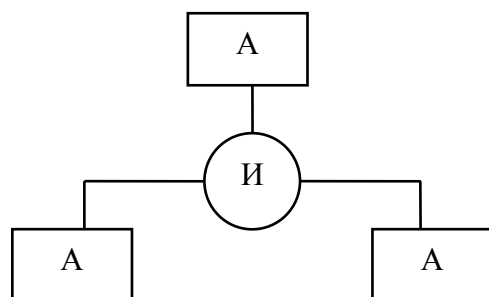


Рисунок 1.5 – Логическая операция типа «И»

В вероятностном аспекте операция «А» выражается логическим произведением (1.1):

$$P(A) = P(B) \cdot P(V), \quad (1.1),$$

где  $P(A)$ ,  $P(B)$ ,  $P(V)$  – вероятность событий «А», «Б», «В» соответственно.

Операция «ИЛИ» означает, что событие «Г» будет иметь место, если произойдет хотя бы одно из нескольких событий или все события, например, «D» и «E» см. рисунок 1.6.

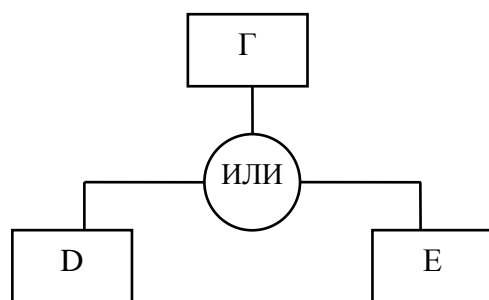


Рисунок 1.6 – Логическая операция типа «ИЛИ»

В этом случае вероятность появления события «Г» будет иметь вид алгебраической суммы (1.2):

$$P(\Gamma) = P(D) + P(E), \quad (1.2)$$

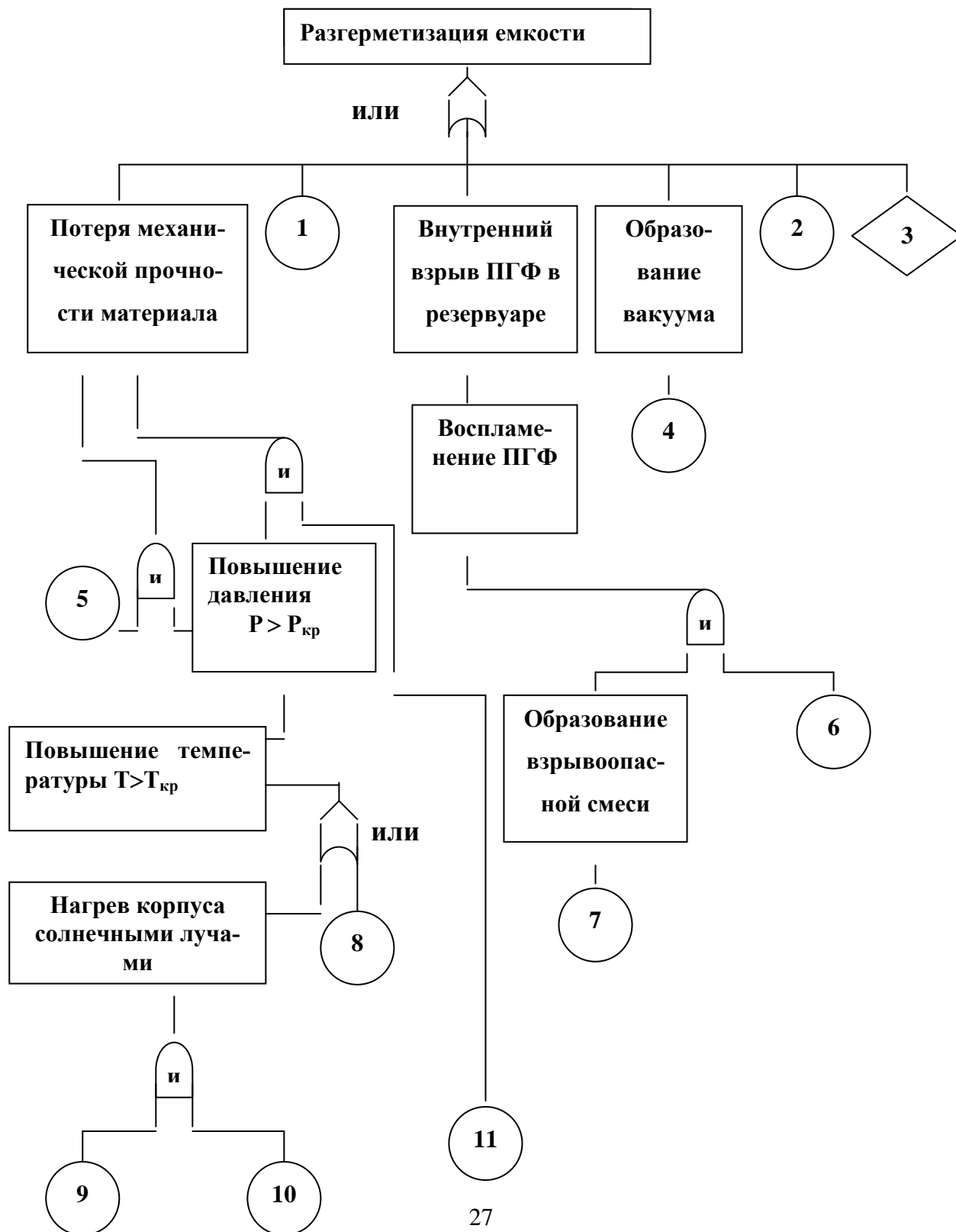
где  $P(\Gamma)$ ,  $P(D)$ ,  $P(E)$  – вероятность событий «Г», «D», «E» соответственно.

Каждой вершине дерева отказов, отображающей первичный и результирующий отказ, соответствует определённая вероятность (частота) возникновения отказа.

Одним из основных преимуществ дерева отказов является то, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов систем и событий, которые приводят к постулируемому отказу или аварии.

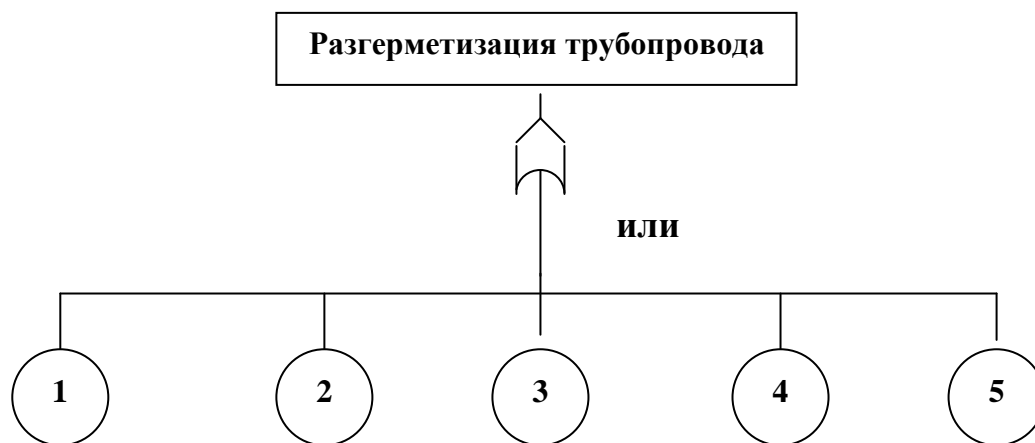
Пример построения «деревьев отказов», приводящих к разгерметизации ёмкостного оборудования и технологического трубопровода приведены на рисунках 1.7, 1.8.

Качественный анализ дерева отказов заключается в определении аварийных сочетаний. *Аварийное сочетание* – это определённый набор исходных событий (причин). Если все эти исходные события случаются, существует гарантия, что конечное событие происходит.



1- воздействие осколков, УВВ от взрыва соседнего резервуара; 2 - отказ болтовых соединений, фланцевых прокладок, запорной арматуры, сварных соединений; 3 - ошибка оператора; 4 - отказ дыхательного клапана; 5 - наличие внутренних дефектов; 6 - возникновение источника зажигания; 7- отсутствие азота; 8 - нагрев корпуса при пожаре в соседней емкости; 9 - нарушение защитного покрытия; 10 - высокая температура окружающей среды; 11 - отказ предохранительного клапана

Рисунок 1.8 - «Дерево отказов», приводящих к разгерметизации емкостного оборудования (цистерны, резервуары) и аварии вне оборудования



1 – отказ запорной арматуры; 2 – отказ сварных швов; 3 – отказ прокладок фланцевых соединений; 4 – отказ болтовых соединений фланцев; 5 – коррозионный или усталостный отказ

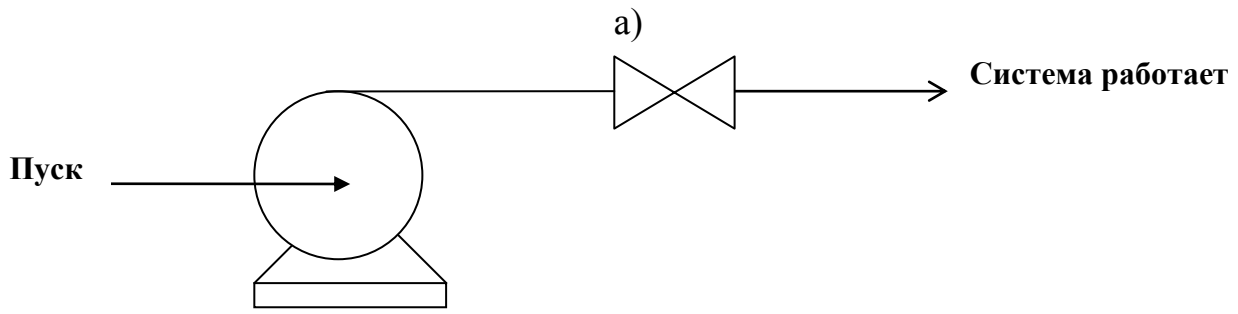
Рисунок 10 - «Дерево отказов», приводящих к разгерметизации трубопроводов

Пример анализа дерева отказов приведён на рисунке 1.9, на котором показана система последовательно соединённых элементов, включающая насос и клапан, имеющие соответственно вероятности безотказной работы 0,98 и 0,95, а также приведено дерево решений для этой системы.

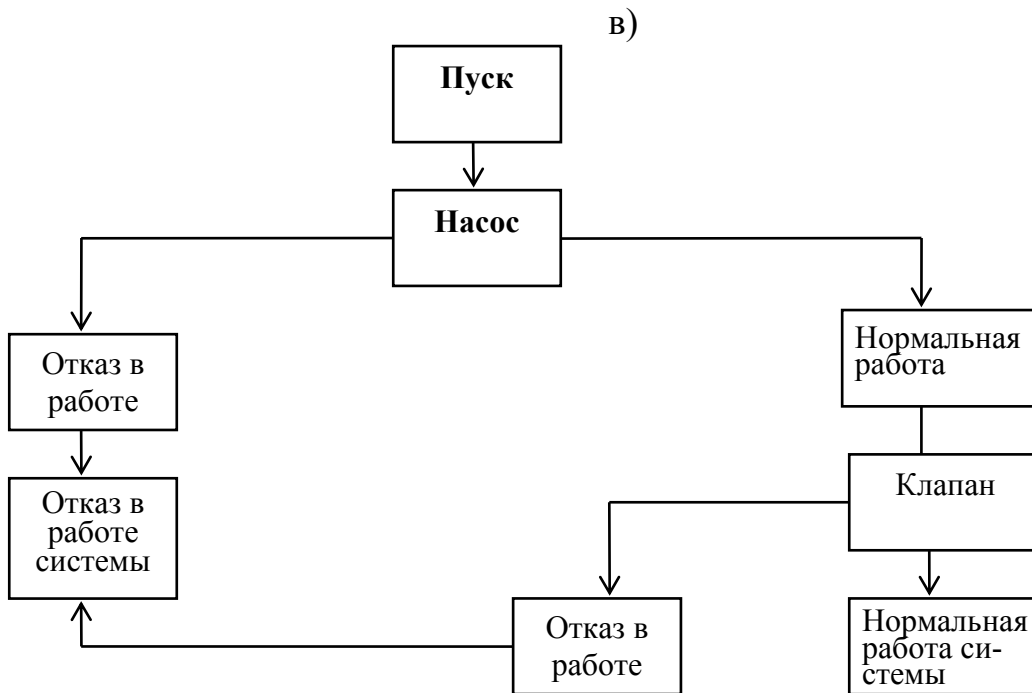
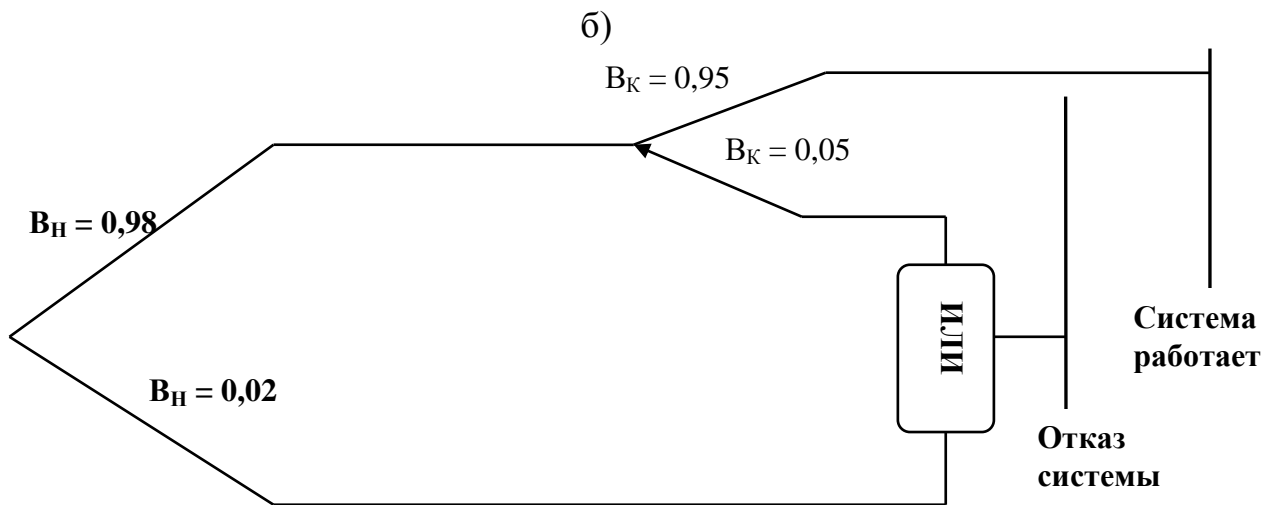
Следует отметить, что согласно принятому правилу верхняя ветвь (рисунок 1.9 б) соответствует желательному варианту работы системы, а нижняя – нежелательному.

Если насос не работает, система отказывает независимо от состояния клапана. Если насос работает, с помощью второй узловой точки изучается вопрос, работает ли клапан.

Согласно диаграммы решений (рисунок 1.9 б) вероятность безотказной системы составит:  $0,98 \cdot 0,95 = 0,931$ . Вероятность отказа системы  $0,98 \cdot 0,05 + 0,02 = 0,069$ , и суммарная вероятность двух состояний системы равна единице.



$V_H = 0,98$  – вероятность безотказной работы насоса  
 $V_K = 0,95$  – вероятность безотказной работы клапана



а –общая схема; б –диаграмма решений вероятностей работы; в – дерево решений

Рисунок 1.9 – Пример анализа деревьев отказов

### Метод анализа «деревьев событий»

Анализ «дерева событий» - алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа возможных сценариев развития аварии. Данный метод позволяет проследить возможные аварийные ситуации, возникающие вследствие реализации отказа оборудования или прерывания процесса, которые выступают в качестве исходных событий. В отличие от метода «дерева отказа» (неполадок) анализ «дерева событий» представляет собой «осмысливаемый вперёд» процесс, то есть процесс, при котором пользователь начинает с исходного события и рассматривает цепочки последующих событий, приводящих к аварии.

Метод используется для анализа возникновения аварийных ситуаций и расчёта частоты их реализации на основе частоты реализации исходных событий и условной вероятности реализации исходных событий и условной вероятности реализации различных ветвей логического дерева событий.

Пример (в общем виде) составления анализа дерева событий – алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийная ситуация) приведён на рисунке 1.10.

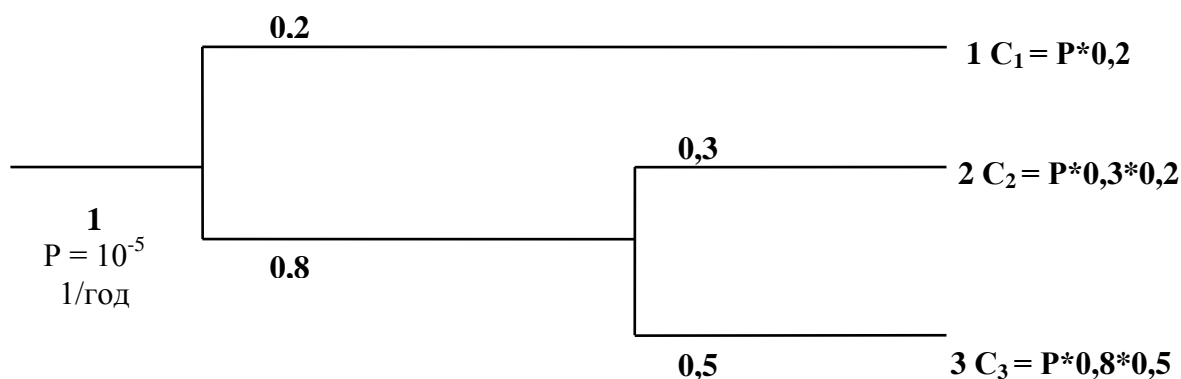


Рисунок 1.10 – Пример составления «дерева событий»

Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается умножением частоты основного события ( $P$ ) на условную вероятность конечного события.

Более подробный анализ дерева событий приведено в разделе «Анализ риска».

### 1.5 Количественный анализ опасностей

Общепринятой «шкалой» для количественного измерения опасностей является «шкала», в которой в качестве измерения используются единицы риска. «Риск» в настоящее время все чаще используется для оценки воздействия негативных факторов производства. Это связано с тем, что риск как количественную характеристику реализации опасностей можно использовать для оценки состояния условий труда, экономического ущерба, определяемого несчастны-

ми случаями и заболеваниями на производстве, формирование системы социальной политики на производстве (обеспечение компенсаций, льгот).

Что же такое риск? Здесь уместно вспомнить слова Д.И.Менделеева о том, что «наука начинается с тех пор, как начинают измерять». Следовательно, необходимо установить некую шкалу с соответствующими единицами измерения, с помощью которой можно было бы количественно измерять различные виды опасностей: от опасностей, обусловленных возможными авариями на промышленных предприятиях или возникающих при их нормальной эксплуатации до опасностей, возникающих от природных катастроф. Использование единой меры для оценки опасностей различного происхождения позволит сравнить их между собой для выявления наиболее существенных с точки зрения возможного ущерба, оценивать эффективность различных мероприятий, направленных на снижение опасностей. В качестве такой меры используется понятие риска.

В общем случае риск выражается в виде произведения частоты реализации нежелательного события на масштаб определенного вида последствий. Математический смысл такого произведения состоит в нахождении средней величины (математического ожидания) ущерба. Причем под ущербом может пониматься не только прямой ущерб от разрушенного промышленного объекта, но и количественно потенциальных смертельных случаев среди людей в результате возникновения либо аварийных ситуаций, либо природных катастрофических явлений.

Иными словами, риск – это количественная мера опасности, определенная как частота реализации нежелательного события с обозначенными последствиями, которое может произойти в пределах определенного промежутка времени или при определенных обстоятельствах.

Рассмотрим характеристики основных количественных показателей риска:

1) При анализе опасностей, связанных с отказами технических устройств, выделяют технический риск, показатели которого определяются соответствующими методами теории надежности.

2) Одной из наиболее часто употребляемых характеристик опасности является индивидуальный риск – частота поражения отдельного индивидуума (человека) в результате воздействия исследуемых факторов опасности. В общем случае количественно (численно) индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

Величина индивидуального риска  $R_{инд}$  (год<sup>-1</sup>) определяется (в общем случае) с помощью соотношения (1.1):

$$R_{инд} = \frac{n}{N}, \quad (1.1)$$

где  $n$  – количество пострадавших (погибших) людей, чел.;

$N$  – общее число рискующих за определенный период времени, чел.год.

Пример 1. Определить индивидуальный риск гибели человека на производстве в нашей стране, если известно, что в год погибает 7 тысяч человек, а численность работающих составляет примерно 70 млн. человек.

$$\text{Решение: } R_{\text{инд}} = \frac{7 \times 10^3}{70 \times 10^6} = 10^{-4} \text{ 1/год}$$

Пример 2. Ежегодно в России вследствие различных опасностей неестественной смертью погибает около 500 тыс. человек. определить риск гибели жителя страны от опасностей, принимая численность населения страны равной 145 млн. человек.

$$\text{Решение: } R_{\text{инд}} = \frac{500 \times 10^3}{145 \times 10^6} = 3,45 \times 10^{-3} \text{ 1/год.}$$

Классификация источников опасности и уровни риска смерти человека в промышленно развитых странах представлены в таблице 1.1.

Фоновые показатели риска, связанных с обыденной жизнью человека в России (1987 г.) составляли:

- вероятность смерти от неестественных причин:  $(1 \div 1,7) \times 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ ;
- риск гибели от потребления алкоголя:  $2,6 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ ;
- риск гибели людей в ДТП:  $2,13 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ .

Оцениваясь на имеющихся производственных данных о частоте несчастных случаев на конкретном опасном объекте, можно прогнозировать величину возможного индивидуального риска, так как регламент технологических процессов дает сведения о времени взаимодействия человека с производственными опасностями в течении рабочего дня, недели, года, т.е. позволяет определить вероятность нахождения работника в «зоне риска». Такой прогноз необходим при формировании мероприятий по улучшению условий труда на производстве, так как использование величин рисков позволяет определить воздействия различных негативных факторов для конкретного технологического процесса производства, проводить оценку значимости каждого фактора с позиции безопасности, что и является основой формирования мероприятий по улучшению условий труда и повышения в целом уровня промышленной безопасности.



Таблица 1.3 - Классификация источников опасности и уровней риска смерти человека в промышленно развитых странах

Источник	Причины	Среднее значение риска, 1/год
внутренняя среда организма человека	генетические и соматические заболевания, старение	$R_{cp} = 0,6 \div 1 \times 10^{-2}$
естественная среда обитания	несчастный случай от стихийных бедствий (землетрясения, ураганы, наводнения и др.)	$R_{cp} = 1 \times 10^{-6}$ наводнения $4 \times 10^{-6}$ землетрясения $3 \times 10^{-5}$ грозы $6 \times 10^{-7}$ ураганы $3 \times 10^{-8}$
техносфера	несчастные случаи в быту, на транспорте, заболевания от загрязнений окружающей среды	$R_{cp} = 1 \times 10^{-3}$
профессиональная деятельность	профессиональные случаи, несчастные случаи на производстве (при профессиональной деятельности)	профессиональная деятельность: безопасная $R_{cp} < 10^{-4}$ относительно безопасная $R_{cp} = 10^{-4} \div 10^{-3}$ опасная $R_{cp} > 10^{-2}$
социальная сфера	самоубийства, самоповреждения, преступные действия, военные действия и т.д.	$R_{cp} = (0,5 \div 1,5) \times 10^{-4}$

В условиях производства для определения уровня индивидуального риска следует учитывать природу аварии, долю времени нахождения в «зоне риска» и местонахождение «рискующего». В этой связи индивидуальный риск рассчитывается по формуле (1.2):

$$R_{инд} = \sum_{i=1}^n P_i \times V_{пр} \times V_n, \quad (1.2)$$

где  $R_{инд}$  – индивидуальный риск, 1/год;

$P_i$  - частота реализации  $i$ -го сценария аварии в течении года, 1/год;

$V_{пр}$  – вероятность присутствия человека в зоне действия поражающих факторов  $i$ -го сценария аварии ( $0 \div 1$ );

$V_n$  – условная вероятность поражения человека при реализации  $i$ -го сценария аварии ( $0 \div 1$ );

$n$  – число сценариев аварии.

Такой подход расчета индивидуального риска позволяет оценивать риск отдельно для персонала объекта и для населения прилегающей территории,

или при необходимости, для более узких групп, например для рабочих различных специальностей (мастера, аппаратчики, ремонтника и т.п.).

При расчете распределения риска по территории вокруг объекта (картировании риска) индивидуальный риск определяется потенциальным территориальным риском и вероятностью нахождения человека в районе возможного действия опасных факторов.

3) Показатели риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является потенциальный территориальный риск – частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории. Потенциальный территориальный, или потенциальный, риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. В этом случае предполагается, что условия вероятности нахождения объекта (человека) воздействия равна 1, (т.е. человек находится в данной точке пространства в течении всего рассматриваемого промежутка времени). Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте и может меняться в широком интервале. Потенциальный риск, в соответствии с названием, выражает собой, потенциал максимально возможной опасности для конкретных объектов воздействия (реципиентов), находящихся в данной точке пространства. Как правило, потенциальный риск оказывается промежуточной мерой опасности, используемой для оценки социального и индивидуального риска при крупных авариях. Распределения индивидуального риска и населения в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку социального риска для населения.

Для этого нужно рассчитать количество пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности и затем определить частоту событий  $F$ , при которой может пострадать на том или ином уровне  $N$  и более человек.

4) Социальный риск характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название –  $F/N$  – кривая (в зарубежных работах – кривая Фермера).

В общем случае в зависимости от задач анализа под  $N$  можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Соответственно критерий приемлемого риска будет определяться уже не числом для отдельного события (одного сценария развития аварий), а диаграммой, построенной для различных сценариев аварий с учетом их вероятности.

Так как за этим общеупотребительным названиями ( $F/N$  – кривая, диаграмма,  $F/N$  – кривая) «скрывается» классическая функция распределения потерь.

Ниже рассмотрим методологию расчета и графическое изображение социального риска.

Анализ социального риска проводится в следующей последовательности (см.табл. 1.2):

а) определяются расчетным путем значения частот реализации всех сценариев аварий на объекте;

б) определяется для каких сценариев развития аварий число пострадавших составляет определенное количество, например 30; 20; 10; ...; ... человек;

в) определяется сумма частот реализации сценариев развития аварии, при которых число пострадавших составляет 30; 20; 10; ...; ... человек;

г) определяется частота реализации аварий, при которой пострадали не менее N человек;

д) строится диаграмма F/N

5) Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных (травмированных или гибели) двух и более человек в результате возможных аварий за определенный период времени.

Коллективный риск рассчитывается по формуле (1.3):

$$R_{\text{кол}} = \sum_{i=1}^n P_i \times N_i, \quad (1.3)$$

где  $R_{\text{кол}}$  – коллективный риск, чел/год;

$P_i$  – реализации i-го сценария аварии, 1/год;

$N_i$  – количество пострадавших (травмированных или погибших) при реализации i-го сценария;

n – число сценариев аварии.

б) Для целей экономического регулирования промышленной безопасности и страхования важным является такой показатель, риска статически ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

Таблица 1.4 - Анализ социального риска (пример)

Сценарий	Частота реализации аварий, 1/год	Кол-во пострадавших, N, чел	частота реализации аварий, при которой пострадали не менее N, 1/год	
1 С	$P_1=1,5 \times 10^{-5}$	30	$\sum P_{1-3} = 8,5 \times 10^{-5}$	
2 С	$P_2=2,5 \times 10^{-5}$			
3 С	$P_3=4,5 \times 10^{-5}$			
4 С	$\sum_{1}^3 P_{1-3} = 8,5 \times 10^{-5}$	20	$\sum P_{1-3} + \sum P_{4-6} = 9,35 \times 10^{-5}$	
5 С				$P_4=1,5 \times 10^{-4}$
6 С				$P_5=2,5 \times 10^{-4}$ $P_6=4,5 \times 10^{-4}$
7 С	$\sum_{1}^3 P_{4-6} = 8,5 \times 10^{-4}$	10	$\sum P_{1-3} + \sum P_{4-6} + \sum P_{7-9} = 3,585 \times 10^{-4}$	
8 С				$P_7=1,5 \times 10^{-3}$
9 С				$P_8=2,5 \times 10^{-3}$ $P_9=4,5 \times 10^{-3}$
	$\sum_{1}^3 P_{7-9} = 8,5 \times 10^{-3}$			

### 1.6 Категорирование и классификация объектов как мера безопасности

Одним из принципов обеспечения безопасности является категорирование производственных объектов, целью которой состоит в делении объектов на классы, типы, категории по признакам, связанными с опасностями и установления для каждой категории конкретных (обязательных) требований к обеспечению безопасности.

На сегодняшний день в Российской Федерации существует определенный массив законодательных, нормативно-правовых и технических актов, включающих категорирование производственных объектов, зданий, сооружений, технологических систем, опасных производственных зон и т.п.

В основу категорирования производственных объектов, как правило, положены физико-химические показатели пожаро- и взрывоопасности обращающихся веществ, их количества, энергетический потенциал и другие параметры.

### 1.6.1 Классификация объектов народного хозяйства Российской Федерации

Существует ряд объектов народного хозяйства, аварии на которых могут создавать определенный риск ЧС для других объектов или на этих объектах сами могут возникнуть ЧС при авариях на соседних объектах. В этих случаях ЧС рассматриваются как крупномасштабную опасную ситуацию, создающую угрозу одновременно большому числу людей и объектам техносферы.

Подобные объекты в соответствии с «Основами государственной политики в области обеспечения безопасности населения Российской Федерации...» подразделяются на:

а) критически важные объекты – объекты, нарушение или прекращение функционирования которых приводит к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования, необратимому негативному изменению или разрушению экономики Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или муниципального образования; либо существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения, проживающего на этих территориях на длительный период;

б) потенциально опасные объекты – объекты на которых используют, производят, перерабатывают, пожаро- и взрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, а также объекты гидротехники, которые создают реальную угрозу возникновения источника ЧС.

Потенциально опасные объекты в соответствии с «Перечнем потенциально опасных и технически особо сложных объектов», утвержденным Министром РФ № БЕ–19-9/24 от 20.04.1995 г. подразделяются на следующие 11 типов объектов:

- 1) ядерно-и/или радиационные объекты, АЭС, исследовательские реакторы, хранилища ядерного топлива и радиоактивных отходов;
- 2) объекты уничтожения и захоронения химических и других опасных отходов;
- 3) гидротехнические сооружения 1 и 2 классов;
- 4) объекты обустройства нефтяных месторождений на шлейфах морей;
- 5) магистральные газо-, нефте- и продуктопроводы с давлением более 6 МПа;
- 6) крупные склады для хранения нефти и нефтепродуктов (свыше 20 тыс.т.) и изотермические хранилища сжиженных газов;
- 7) объекты по производству и переработке твердых и жидких взрывчатых продуктов, склонных к спонтанному разложению с энергией возможного взрыва более 4,5 т ТНТ;
- 8) предприятия по подземной и открытой (глубиной свыше 150 м.) добыче и переработке твердых полезных ископаемых;
- 9) тепловые электростанции мощностью свыше 600 МВт;
- 10) морские порты, аэропорты с длиной полосы более либо равной 1800 м., мосты и тоннели длиной более 500 м., метрополитены;

11) крупные промышленные объекты с численностью работающих более 10 тыс. человек.

Классификация объектов народного хозяйства на критические опасные объекты характеризует масштаб аварийности и последствий аварий, определяя тем самым исключительное внимание, как специалистов, так и общественности к вопросам безопасности.

### 1.6.2 Классификация чрезвычайных ситуаций (ЧС)

Масштабы и тяжести последствий ЧС в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1094 от 13.09.96 г. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» приведены в таблице 1.1. (В соответствии с Постановлением РФ от 13.09.96 г. № 1094 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»)

Таблица 1.5 - Классификация чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайная ситуация	Кол-во пострадавших людей (раненых)	Кол-во людей, у которых нарушены условия жизнедеятельности	Размер материального ущерба	Размер зон распространения поражающих факторов
Локальная	≤ 10 чел.	≤ 100 чел.	< 1 тыс. МРОТ	Зона не выходит за пределы территории объекта производственного или социального назначения
Местная	(10÷50) чел.	(100÷300) чел.	(1тыс.÷5тыс.) чел.	Зона выходит за пределы населенного пункта, города, района
Территориальная	(50÷500) чел.	(300÷500) чел.	(5тыс.÷500тыс) МРОТ	Зона не выходит за пределы субъекта РФ
Региональная	(50÷500) чел	(500÷1000) чел.	(500тыс÷5млн) МРОТ	Зона охватывает территорию двух субъектов РФ
Федеральная	>500 чел.	>1000 чел.	>5 млн. МРОТ	Зона выходит за пределы более чем двух субъектов РФ
Трансграничная	Поражающие факторы выходят за пределы РФ, либо ЧС произошла за рубежом, и затрагивает территорию РФ			

### **1.6.3 Категорирование производственных объектов в соответствии с Федеральным Законом № 116-ФЗ**

Федеральный Закон от 21.07.97 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с изменениями от 7.08.2000 г., 10.01.2006 г., 22.08.2004 г., 18.12.2006 г.) определяет основные принципы и критерии отнесения объектов к категориям и типам опасных производственных объектов.

К категории опасных производственных объектов (ОПО) в соответствии с Федеральным Законом № 116-ФЗ относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются, обращаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества;

б) окисляющиеся вещества;

в) горючие вещества;

г) высокотоксичные вещества;

д) взрывчатые вещества;

е) токсичные вещества;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды.

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

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

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

Для целей страхования, на основании Федерального Закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г. опасные производственные объекты подразделяются по степени опасности наследующие типы (по убыванию):

1) к первому типу относятся объекты, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются, обращаются опасные вещества в количествах, равных или превышающих количество, установленное приложением 2 Федерального Закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г.

Для первого типа опасных производственных объектов минимальная страховая сумма составляет 7 млн. руб.;

2) к второму типу относятся не входящие в первый тип объекты, на которых обращаются опасные вещества в количестве, меньшем чем количество, установленное приложением 2 Федерального Закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г.

Для второго типа опасных производственных объектов минимальная страховая сумма составляет 1 млн.руб.;

3) к третьему типу относятся не входящие в первые два типа объекты, обладающие признаками опасности, определенными приложением 1 Федерального Закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г.

Для третьего типа опасных производственных объектов минимальная страховая сумма составляет 100 тыс.руб.

В число объектов третьего типа входят опасные производственные объекты, на которых:

- обращаются опасные вещества, не указанные в приложении 2 Федерального Закона № 116-ФЗ от 21.07.97 г.;

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

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

- получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;

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

Выявление и отнесение объекта к категории опасного производственного объекта, признаков опасности и типа осуществляется процедурой идентификации производственных объектов предприятия в соответствии с «Перечнем типов видов опасных производственных объектов для целей регистрации в государственном реестре», утвержденным приказом Ростехнадзора от 05.03.2008 г. № 131 и «Административным регламентом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по исполнению государственной функции по регистрации опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов», утвержденным приказом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 04.09.2007 г. № 606.

#### **1.6.4 Категорирование уровня взрывоопасности технологических процессов и производств потенциального опасного объекта**

Каждый технологический процесс объекта должен быть оценен с точки зрения его взрывоопасности. Оценка производится по методике, изложенной в «Общих правилах взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03) путем определения категории взрывоопасности отдельных технологических стадий (блоков), из которых состоит данный технологический процесс.

Под технологическим блоком понимается аппарат или группа аппаратов, которые в любое время и на любой стадии протекания процесса могут быть отключены от действующей технологической системы, при этом не произойдет опасных изменений режима, приводящих к развитию аварии в смежных блоках и аппаратах. Границами технологических блоков является запорная арматура, которая должна быть доступна, с достаточным быстродействием, надежна и удобна в управлении. Место установки запорной арматуры должно быть та-



ким, чтобы разделение системы на отдельные стадии (блоки) обеспечило минимальный уровень взрывоопасности каждого блока.

Для каждого технологического блока должна быть определена категория его взрывоопасности, которая зависит от двух показателей:

- от величины относительного энергетического потенциала взрывоопасности  $Q_B$ ;

- от величины приведенной массы взрывоопасного парогазового облака  $m$ .

Уровень взрывоопасности технологического блока с горючими газами и жидкостями характеризуется величиной общего энергетического потенциала взрывоопасности.

Энергетический потенциал взрывоопасности  $E$  (кДж) блока определяется полной энергией сгорания парогазовой фазы  $E^*$  (кДж), находящейся в блоке, с учетом величины работы ее адиабатического расширения  $A$  (кДж), а также величины энергии полного сгорания испарившейся жидкости  $E^{**}$  (кДж) с максимально возможной площади ее пролива за счет внутренней энергии технологической системы и внешней энергии окружающей среды при аварийной разгерметизации оборудования технологической системы, при этом считается:

- при аварийной разгерметизации аппарата происходит его полное раскрытие (разрушение);

- площадь пролива жидкости определяется, исходя из конструктивных решений зданий или площадки наружной установки;

- время испарения принимается не более одного часа:

$$E = A + E^* + E^{**} \quad (1.1)$$

Значение энергии полного сгорания имеющейся парогазовой фазы складывается из двух составляющих:

$$E^* = E_1^* + E_2^* \quad (1.2)$$

где  $E_1^*$  - энергия сгорания парогазовой фазы (ПГФ), находящейся в расчетном блоке, кДж

$E_2^*$  - энергия сгорания ПГФ, поступивших к месту разгерметизации блока из смежных блоков, кДж

Значение энергии полного сгорания испарившейся жидкости складывается из четырех составляющих:

$$E^{**} = E_1^{**} + E_2^{**} + E_3^{**} + E_4^{**} \quad (1.3)$$

где  $E_1^{**}$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегретой жидкой фазы (ЖФ) в расчетном блоке и поступившей в расчетный блок от смежных блоков при аварийной разгерметизации блока (АРБ) за время  $\tau$ , кДж;

$E_2^{**}$  - энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет теплоты экзотермических реакций, не прекращающихся при АРБ, кДж;

$E_3^{**}$  - энергия сгорания ПГФ, образующихся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж;

$E_4^{**}$  - энергия сгорания ПГФ, образующихся из ЖФ, пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, обвалование, грунт), за счет теплоотдачи от окружающей среды путем испарения (от твердой поверхности и от воздуха к поверхности жидкости), кДж.

Составляющие энергетического потенциала взрывоопасности блока (E):

$A, E_1^*, E_2^*, E_1^{**}, E_2^{**}, E_3^{**}, E_4^{**}$  определяются расчетом в соответствии с приложением 1 ПБ 09-540-03.

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака  $m$  (кг.), приведенная к единой удельной энергии сгорания, равной 46000 кДж/кг, определяется:

$$m = \frac{E}{4,6 * 10^4}, \quad (1.4)$$

Относительный энергетический потенциал взрывоопасности  $Q_B$  технологического блока определяется расчетным методом по формуле:

$$Q_B = \frac{E^{1/3}}{16,534}, \quad (1.5)$$

По значениям относительных энергетических потенциалов  $Q_B$  и приведенной массе парогазовой среды  $m$  осуществляется категорирование технологических блоков.

Показатели категорий приведены в таблице 1.2

Таблица 1.6 - Показатели категории взрывоопасности технологических блоков

Категория взрыво-опасности	$Q_B$ , кДж	$m$ , кг
I	$> 37$	$> 5000$
II	$27 - 37$	$2000 - 5000$
III	$< 27$	$< 2000$

### Категорирование складов нефти и нефтепродуктов

Склады нефти и нефтепродуктов – комплекс зданий, резервуаров и других сооружений, предназначенных для приема, хранения и выдачи нефти и нефтепродуктов.

К складам нефти и нефтепродуктов относятся:

- предприятия по обеспечению нефтепродуктами (нефтебазы);
- резервуарные парки и наливные станции магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов;
- товарно-сырьевые парки центральных пунктов сбора нефтяных месторождений, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий;
- склады нефтепродуктов, входящих в состав промышленных, транспортных, энергетических, сельскохозяйственных, строительных и других предприятий и организаций (расходные склады).

Цели категорирования складов нефти и нефтепродуктов:

- установление степеней огнестойкости зданий и сооружений;
- установление минимальных безопасных расстояний от зданий и сооружений с взрывопожароопасными и пожароопасными производствами до других объектов;
- установление безопасных расстояний от сливноналивных устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн, морских и речных судов до зданий и сооружений склада;
- разделение территории по функциональному использованию на зоны и участки с учетом технологических связей, грузооборота и видов транспорта, санитарногигиенических, противопожарных и других требований.

Склады нефти и нефтепродуктов в зависимости от их общей вместимости и максимального объема одного резервуара подразделяются на категории согласно таблице 1.3

Таблица 1.7 - Категории складов нефти и нефтепродуктов

Категория склада	Максимальный объем резервуара, м <sup>3</sup>	Общая вместимость склада, м <sup>3</sup>
I	-	св. 100000
II	-	св. 20000 до 100000 включительно
IIIа	до 5000 включительно	св. 10000 до 20000 включительно
IIIб	до 2000 включительно	св. 2000 до 10000 включительно
IIIв	до 700 включительно	до 2000 включительно

### **Категорирование технологических и магистральных трубопроводов, как мера оценки опасности**

Категории трубопроводов определяют совокупность технических требований к:

- 1) расчету трубопроводов на прочность и устойчивость;
- 2) конструкции трубопроводов;
- 3) изготовлению трубопроводов;

- 4) размещению трубопроводов;
- 5) монтажу трубопроводов;
- 6) сварке и термической обработке трубопроводов;
- 7) испытанию и приемке смонтированных трубопроводов;
- 8) эксплуатации трубопроводов;
- 9) охране окружающей среды.

### **Классификация технологических трубопроводов**

К технологическим трубопроводам относятся трубопроводы в пределах промышленных предприятий, по которым транспортируются сырье, полуфабрикаты и готовые продукты, пар, вода, топливо, реагенты и другие вещества, обеспечивающие ведение технологического процесса и эксплуатацию оборудования, а также межзаводские трубопроводы, находящиеся на балансе предприятия.

В зависимости от рабочего давления технологические трубопроводы подразделяются на:

- 1) технологические трубопроводы низкого давления с условным давлением до 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>) включительно;
- 2) технологические трубопроводы высокого давления с условным давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>) до 320 МПа (3200 кгс/см<sup>2</sup>).

Технологические трубопроводы с давлением до 10 МПа включительно в зависимости от класса опасности транспортирующего вещества (взрыво-, пожароопасность и вредность) подразделяются на группы (А, Б, В) и в зависимости от рабочих параметров среды (давления и температуры) – на пять категорий (I, II, III, IV, V). Классификация технологических трубопроводов производится в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-585-03. М.: ПНО ОБТ, 2003 г.)

Категорирование распространяется на технологические трубопроводы, эксплуатирующиеся на опасных производственных объектах и предназначено для трубопроводов транспортирования газообразных, парообразных и жидких сред в диапазоне от остаточного давления (вакуума) 0,001 МПа (0,01 кгс/см<sup>2</sup>) до условного давления 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>) и рабочих температур от минус 40 °С до 350 °С и эксплуатирующиеся на опасных производственных объектах.

Категория технологических трубопроводов учитывается:

- а) при проектировании, изготовлении, монтаже, эксплуатации, модернизации, ремонте и консервации технологических трубопроводов на опасных производственных объектах;
- б) при проведении экспертизы промышленной безопасности технологических трубопроводов.

### **Категорирование магистральных трубопроводов**

К магистральным трубопроводам относятся трубопроводы (газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы) и ответвления от них с условным диаметром до 1400 мм включительно с избыточным давлением среды свыше

1,2 МПа (12 кгс/см<sup>2</sup>) до 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>) (при одиночной прокладке в технических коридорах) для транспортирования:

а) нефти, нефтепродуктов (в том числе стабильного конденсата и стабильного бензина), природного, нефтяного и искусственного углеводородных газов из районов их добычи (от промыслов), производства или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива, газораспределительных станций, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий и портов);

б) сжиженных углеводородных газов фракций С<sub>3</sub> и С<sub>4</sub> и их смесей, нестабильного бензина и конденсаты нефтяного газа и других сжиженных углеводородов с упругостью насыщенных паров при температуре +40 °С не свыше 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) из районов их добычи (промыслов) или производства (от головных перекачивающих насосных станций) до места потребления;

в) товарной продукции в пределах компрессорных (КС) и нефтеперекачивающих станций (НПС), станций подземного хранения газа (СПХ), достижимых компрессорных станций (ДКС), газораспределительных станций (ГРС) и узлов замера расхода газа (УЗРГ);

г) импульсного, топливного и пускового газа для КС, СПХГ, ДС, ГРС, УЗРГ и пунктов редуцирования газа (ПРГ).

Под техническим коридором магистральных трубопроводов надлежит понимать систему параллельно проложенных трубопроводов по одной трассе, предназначенных для транспортирования нефти (нефтепродуктов, в том числе сжиженных углеводородных газов) или газа (газового конденсата).

Магистральные газопроводы в зависимости от рабочего давления в трубопроводе подразделяются на два класса (магистральные трубопроводы. СНИП 2.05.06-85\*, М.: 1997 г.):

I – при рабочем давлении свыше 2,5 до 10 МПа (свыше 25 до 100 кгс/см<sup>2</sup>) включительно;

II - при рабочем давлении свыше 1,2 до 2,5 МПа (свыше 12 до 25 кгс/см<sup>2</sup>) включительно.

Магистральные нефтепроводы и нефтепродуктопроводы в зависимости от диаметра трубопровода (мм) подразделяются на четыре класса:

I – при условном диаметре свыше 1000 до 1700 включительно;

II - при условном диаметре свыше 500 до 1000 включительно;

III - при условном диаметре свыше 300 до 500 включительно;

IV - при условном диаметре 300 и менее.

Магистральные трубопроводы и их участки подразделяются на категории, требования к которым в зависимости от условий работы, объема неразрушающего контроля сварных соединений и величин испытательного давления приведены в таблице 1.4.

Категории магистральных трубопроводов следует принимать по таблице 1.5.

Категория участков магистральных трубопроводов (переходы через водные преграды, через железные и автомобильные дороги, в горной местности,

по поливным и орошаемым землям, по территории распространения вечно-мерзлых грунтов и т.п.) принимаются в соответствии с таблицей 3 СНиП 2.05.06-85\*.

Таблица 1.8 - Категории трубопроводов и их участков в зависимости от условий работы, объема неразрушающего контроля сварных соединений и величины испытательного давления

Категория трубопровода и его участков	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность, m	Количество монтажных сварных соединений, подлежащих контролю физическими методами, % от общего количества	Величина давления при испытании и продолжительность испытания трубопровода
В	0,60	Принимается по СНиП III-42-80*	
I	0,75		
II	0,75		
III	0,90		
IV	0,90		

Таблица 1.9 – Категория магистральных трубопроводов в зависимости от назначения и место прокладки

Назначение трубопровода	Категории трубопровода при прокладке	
	подземной	наземной и надземной
для транспортирования природного газа: а) диаметром менее 1200 мм. б) диаметром 1200 мм более в) в северной строительно-климатической зоне	IV	III
	III	III
	III	III
для транспортирования нефти и нефтепродуктов: а) диаметром менее 700мм. б) диаметром 700мм и более в) в северной строительно-климатической зоне	IV	III
	III	III
	III	III

### 1.7. Анализ риска

Расчет и анализ риска является тем методическим инструментом, при помощи которого потенциальная опасность может быть оценена количественно. Во многих случаях этот инструмент является по существу единственной возможностью исследовать сложные современные вопросы безопасности, ответ на

которые не может быть получен из практического опыта, как например, возникновение и развитие аварий с крайне малой вероятностью реализации, но с большим потенциальными последствиями.

Концептуальная основа анализа риска внешне проста. Она предполагает использование методических подходов, математического аппарата и информационной базы, позволяющих ответить на следующие вопросы:

- 1) что может функционировать «неправильно» (в нерабочем режиме)?;
- 2) каковы причины этого?;
- 3) каковы возможные последствия?;
- 4) насколько это вероятно?.

В технологическом смысле анализ риска представляет собой последовательность действий, упорядоченную по следующим этапам:

- 1) числовая оценка риска;
- 2) анализ структуры риска;
- 3) управление риском.

Анализ риска является составной частью управления промышленной безопасностью. Результаты анализа риска используются при декларировании промышленной безопасности опасных производственных объектов, экспертизе промышленной безопасности, страховании, экономическом анализе безопасности по критериям «стоимость-безопасность-выгода»; оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Суть концепции анализа риска заключается в построении множества всех (не противоречащих законам физики) сценариев возникновения и развития возможных аварий на объекте, с последующей оценкой частот реализации каждого из сценариев и определением масштабов последствий сценариев развития аварии.

Цели и задачи анализа риска могут различаться и корректироваться на разных этапах жизненного цикла опасного производственного объекта.

На этапе размещения (обоснования инвестиций или проведения предпроектных работ) или проектирования опасного производственного объекта целью анализа риска, как правило является:

1) выявление опасностей и априорная количественная оценка риска с учетом воздействия поражающих факторов аварии на персонал, население, имущество и окружающую среду;

2) обеспечение учета результатов при анализе приемлемости предложенных решений и выборе оптимальных вариантов размещения опасного производственного объекта, включая особенности окружающей местности, расположение иных объектов и экономическую эффективность;

3) обеспечение информацией для разработки инструкций, технологического регламента и планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;

4) оценка альтернативных предложений по размещению опасного производственного объекта или техническим решениям.



На этапе ввода в эксплуатации (вывода из эксплуатации) опасного производственного объекта целью анализа риска могут быть:

- 1) выявление опасностей и оценка последствий аварий, уточнение оценок риска, полученных на предыдущих этапах функционирования опасного производственного объекта;
- 2) проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;
- 3) разработка и уточнение инструкций по вводу в эксплуатацию (выводу из эксплуатации).

На этапе эксплуатации или реконструкции опасного производственного объекта целью анализа риска может быть:

- 1) проверка соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности;
- 2) уточнение информации об основных опасностях и рисках (в том числе декларировании промышленной безопасности);
- 3) разработка рекомендаций по организации деятельности надзорных органов;
- 4) совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов ликвидации (локализации) аварийных ситуаций на опасном производственном объекте.

### **1.7.1 Порядок проведения расчетов по оценке риска**

Оценка риска на производственном объекте предусматривает:

- 1) анализ опасностей производственного объекта;
- 2) построение всего множества сценариев возникновения и развития аварий, оценка (определение) частоты каждого из сценариев;
- 3) построение полей поражающих факторов аварий для различных сценариев их развития;
- 4) оценку последствий опасных факторов аварий для различных сценариев их развития;
- 5) вычисление риска.

Процедура количественно оценки риска производится в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.1

Анализ опасностей производственного объекта предусматривает:

- анализ (пожарной, взрывной, токсичной) технологической среды и параметров технологических процессов на производственном объекте;
- определение перечня аварийных (пожароопасных, взрывоопасных, токсичных) аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;
- определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать аварийную ситуацию, для каждого технологического процесса;
- построение сценариев возникновения и развития аварий, повлекших за собой гибель людей.

Анализ опасностей (пожарной, взрывной, токсичной) технологических процессов предусматривает сопоставление стандартных показателей опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе, с параметрами технологического процесса.

Перечень стандартных показателей опасности веществ и материалов в зависимости от их агрегатного состояния, необходимых и достаточных для характеристики опасности технологической среды регламентируются Федеральным Законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Перечень потенциальных источников зажигания пожароопасной технологической среды определяется посредством сопоставления параметров технологического процесса и возможных источников зажигания с показателями пожарной опасности веществ и материалов.

Для каждой опасной ситуации на производственном объекте проводится описание причин возникновения и развития аварийных ситуаций, места их возникновения и факторов аварий (пожара, взрыва), представляющих опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания. Для определения причин возникновения опасных (аварийных) ситуаций, учитываются события, реализация которых может привести к образованию горючей среды и появлению источника зажигания.

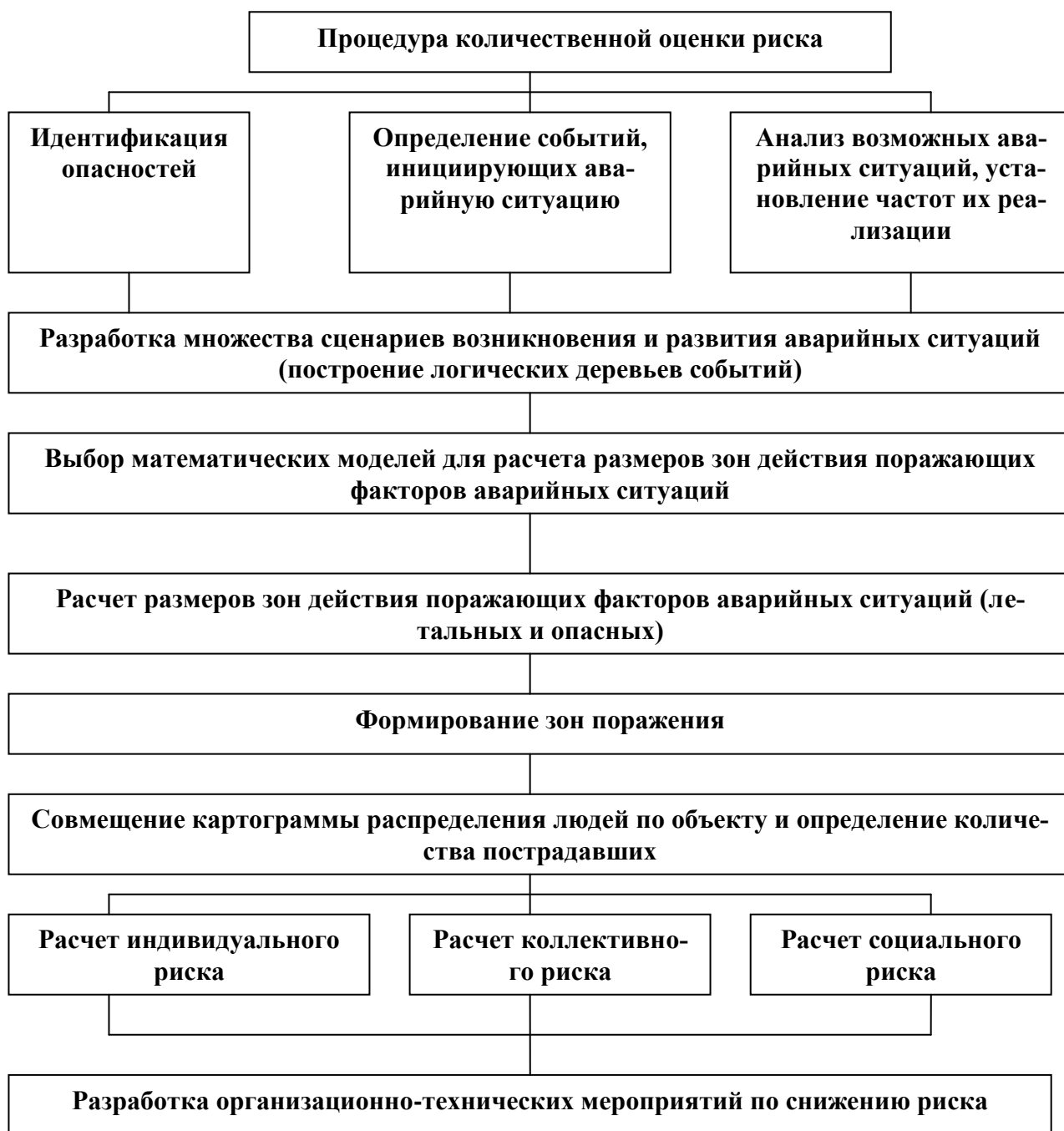


Рисунок 1.11 - Схема количественной оценки риска

Наиболее вероятными событиями, которые могут являться причинами аварийных ситуаций, на производственных объектах принимаются следующие:

- выход параметров технологических процессов за критические значения, вследствие нарушения технологического регламента (например, перелив топлива при сливно-наливных операциях, разрушение оборудования вследствие превышения давления по технологическим причинам, появление источников зажигания в местах образования горючих газопаровоздушных смесей);

- разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим (влиянием повышенного или пониженного давления, динамических нагрузок и т.п.); температурным (влиянием повышенных или пониженных

температур) и агрессивным химическим (влиянием кислородной, электрохимической, биохимической и других видов коррозии) воздействиями;

- механические повреждения оборудования в результате ошибок персонала, падения предметов, некачественного проведения ремонтных и регламентных работ и т.п. (например, разгерметизация оборудования или выход из строя элементов его защиты в результате повреждения при ремонте или столкновения с железнодорожным или автомобильным транспортом).

Для выявления опасных ситуаций рекомендуется осуществить деление технологического оборудования (технологических систем объекта) на участки (блоки) с целью расчета их энергетических потенциалов и определения категорий опасности. Указанное деление осуществляется, исходя из возможности раздельной герметизации этих участков (блоков) при возникновении аварии. Рассматриваются опасные ситуации как на основном, так и на вспомогательном технологическом оборудовании. Кроме того, необходимо учесть возможность возникновения аварии в зданиях, строениях и сооружениях различного назначения, расположенных на территории производственного объекта.

При возникновении аварийных ситуаций, связанных с разгерметизацией технологического оборудования, рассматриваются утечки опасных веществ при различных диаметрах истечения (в том числе максимальные – при полном разрушении оборудования или подводящих/отводящих трубопроводов).

Для определения частоты исходных событий (отказ оборудования) на производственном объекте используется информация:

- об отказе оборудования, используемого на производственном объекте;
- о параметрах надежности оборудования, используемого на производственном объекте;
- об ошибочных действиях персонала производственного объекта;
- о гидрометеорологической обстановке в районе размещения производственного объекта;
- о географических особенностях местности в районе размещения производственного объекта.

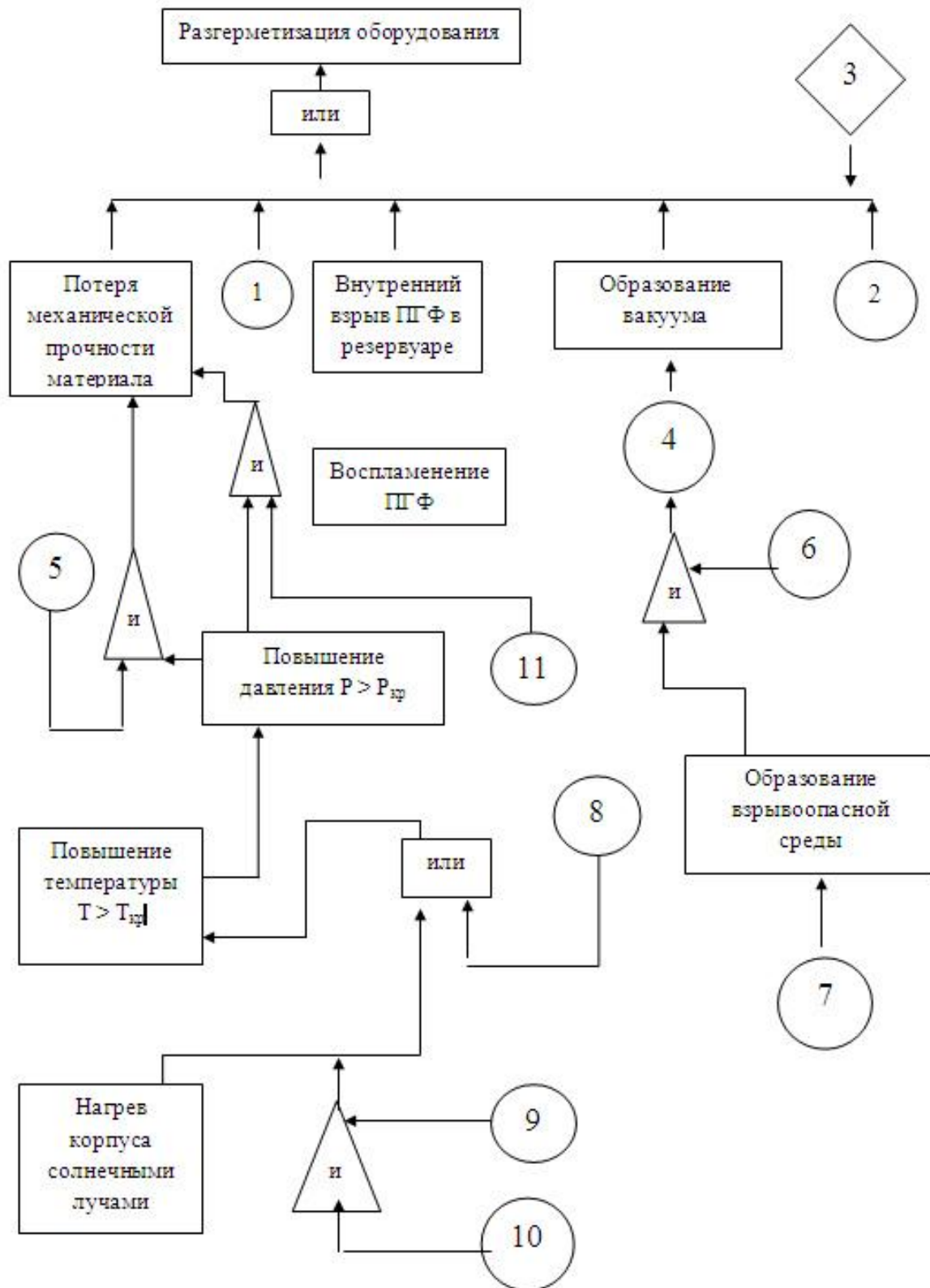
Информация о частотах реализации аварийных ситуаций (в том числе возникших в результате ошибок персонала), необходимая для оценки риска, может быть получена непосредственно из данных функционирования исследуемого объекта или из данных о функционировании других подобных объектов. Рекомендуемые сведения по частотам реализации инициирующих аварийные ситуации для некоторых типов оборудования производственных объектов, частотам утечек из технологических трубопроводов, а также частотам возникновения пожаров в зданиях представлены в таблице 3.1

Таблица 1.10 - Частоты разгерметизации для технологического оборудования производственных объектов (статистические данные)

Наименование оборудования	Иницирующее аварию событие	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год <sup>-1</sup>
резервуары, емкости, сосуды и аппараты под давлением	разгерметизация с последующим истечением жидкости, газа или двухфазной среды	5	$4,0 \times 10^{-5}$
		12,5	$1,0 \times 10^{-5}$
		25	$6,2 \times 10^{-5}$
		50	$3,8 \times 10^{-6}$
		100	$1,7 \times 10^{-6}$
		полное разрушение	$3,0 \times 10^{-7}$
насосы (центробежные)	разгерметизация с последующим истечением жидкости или двухфазной среды	5	$4,3 \times 10^{-3}$
		12,5	$6,1 \times 10^{-4}$
		25	$5,1 \times 10^{-4}$
		50	$2,0 \times 10^{-4}$
		диаметр подводящего / отводящего трубопровода	$1,0 \times 10^{-4}$
компрессоры (центробежные)	разгерметизация с последующим истечением газа	5	$1,1 \times 10^{-2}$
		12,5	$1,3 \times 10^{-3}$
		25	$3,9 \times 10^{-4}$
		50	$1,3 \times 10^{-4}$
		полное разрушение	$1,0 \times 10^{-4}$
резервуары для хранения ЛВЖ и ГЖ при давлении, близком к атмосферному	разгерметизация с последующим истечением жидкости в обвалование	25	$8,8 \times 10^{-5}$
		100	$1,2 \times 10^{-5}$
		полное разрушение	$5,0 \times 10^{-6}$
резервуары с плавающей крышей	пожар в кольцевом зазоре по периметру резервуара	-	$4,6 \times 10^{-3}$
	пожар по всей поверхности резервуара	-	$9,3 \times 10^{-4}$

<b>Наименование оборудования</b>	<b>Иницирующее аварийю событие</b>	<b>Диаметр отверстия истечения, мм</b>	<b>Частота разгерметизации, год<sup>-1</sup></b>
резервуары со стационарной крышей	пожар на дыхательной арматуре	-	$9,0 \times 10^{-5}$
	пожар по всей поверхности резервуара	-	$9,0 \times 10^{-5}$

Примеры построения «деревьев отказов», приводящих к разгерметизации емкостного оборудования приведены на рисунках 1.12, 1.13



1- воздействие осколков; 2 – отказ болтовых соединений, фланцевых прокладок, запорной арматуры, сварных соединений; 3 – ошибка оператора; 4 – отказ дыхательного клапана; 5 – наличие внутренних дефектов; 6 – возникновение источника зажигания; 7 – отсутствие азота; 8 – нагрев корпуса при пожаре в соседней емкости; 9 – нарушение защитного покрытия; 10 – высокая температура окружающей среды; 11 – отказ предохранительного клапана.

Рисунок 1.12 - «Дерево отказов», приводящих к разгерметизации емкостного оборудования и аварии вне оборудования



Рисунок 1.13 – «Дерево отказов» анализа причин аварийной ситуации и вероятности ее проявления на газораздаточной станции (ГРС) (пример)

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Значение величин частот реализации отказов даны условно.

При прогнозировании частоты отказов оборудования для конкретного производства учитывается также наличие количества аналогичного оборудования, частоты и время эксплуатации оборудования (резервуаров, железнодорожных цистерн и т.п.) при их сливе/наливе, а также продолжительность функционирования продуктопроводов. Для этой цели оформляются в виде таблиц, так называемые «рабочие листы».

Примеры оформления «рабочих листов» представлены в таблицах 1.11-1.14



Таблица 1.11 - Оценка частот выбросов из трубопроводов

Рабочий лист №1	
Опасное вещество	Нефть
Длина технологического трубопровода, км	$L_{тр} = 50\text{м}$
Время работы (перекачки вещества), часов/год	$\tau = 500\text{ ч}$
Степень аварийности	Частичное $V_{ч}=5\cdot 10^{-2}$ км/год; Полное $V_{п}=5\cdot 10^{-3}$ км/год
Количество часов в год	$T = 8760\text{ ч}$
Частота пролива (частичная разгерметизация трубопровода)	<u>Через отверстие диаметром 25 мм</u> $P_{\text{част}} = V_{ч} \cdot L_{тр} \cdot \tau / T = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 50 \cdot 500 / 8760 = 1,43 \cdot 10^{-3}, 1/\text{год}$
Частота пролива (полная разгерметизация трубопровода)	<u>Повреждение на полное сечение</u> $P_{\text{полн}} = V_{п} \cdot L_{тр} \cdot \tau / T = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 500 / 8760 = 1,4 \cdot 10^{-4}, 1/\text{год}$

Таблица 1.12 - Оценка частот выбросов стационарных объектов (резервуаров хранения)

Рабочий лист №2	
Опасное вещество	Бензол
Количество аппаратов	$n = 15$
Время работы аппарата, часов/год	$\tau = 8000\text{ ч}$
Степень аварийности, 1/год	Частичное $V_{ч}=10^{-4}$ 1/год; Полное $V_{п}=10^{-5}$ 1/год
Количество часов в год	$T = 8760\text{ ч}$
Частота выброса (частичная разгерметизация)	<u>Через отверстие диаметром 25 мм</u> $P_{\text{част}} = n \cdot V_{ч} \cdot \tau / T = 15 \cdot 10^{-4} \cdot 8000 / 8760 = 1,37 \cdot 10^{-5}, 1/\text{год}$
Частота выброса (полная разгерметизация)	<u>Повреждение на полное сечение</u> $P_{\text{част}} = n \cdot V_{п} \cdot \tau / T = 15 \cdot 10^{-5} \cdot 8000 / 8760 = 1,37 \cdot 10^{-6}, 1/\text{год}$

Таблица 1.13 - Оценка частоты выбросов при автомобильных перевозках опасных грузов

Рабочий лист №3	
Опасный груз	Бензин
Общее число грузовых перевозок	$n = 1500$
Длина рассматриваемого маршрута	$l = 1,5$ км (только загруженный транспорт) (км вблизи административных образований)
Общее число км в год	$L = n \cdot l = 1500 \cdot 1,5 = 2250$ км
Проливы по размерам:	
– для 10% потери груза	$A = 1,2 \cdot 10^{-6}$ аварий на 1,6 км
– для 100% потери груза	$B = 0,2 \cdot 10^{-6}$ аварий на 1,6 км
Частота аварий в год	$P_{ав} = L \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 2250 \cdot 2 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 2,8 \cdot 10^{-3}$ , 1/год
Частота пролива:	
– для 10% потери груза	$P_{част} = P_{ав} \cdot A = 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 2,1 \cdot 10^{-9}$ проливов/год
– для 100% потери груза	$P_{полн} = P_{ав} \cdot B = 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 0,35 \cdot 10^{-9}$ проливов/год

Таблица 1.14 - Оценка частоты выбросов при перевозках железнодорожным транспортом

Рабочий лист №4	
Опасный материал	Нефть
Количество вагонов в год	$n = 20000$
Количество вагонов-км на участках маневрирования (длина рассматриваемого маршрута)	$l = 3,0$ км (только загруженные вагоны) (км на поездку вблизи административных образований)
Общее число км в год на участках маневрирования	$L = n \cdot l = 20000 \cdot 3 = 60000$ км
Проливы по размерам:	
– для 10% потери груза (50 мм отверстие)	$A = 1,5 \cdot 10^{-6}$ аварий на 1,6 км
– для 100% потери груза	$B = 0,9 \cdot 10^{-6}$ аварий на 1,6 км
Частота аварий в год (на участках маневрирования)	$P_{ав} = L \cdot 3 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 60000 \cdot 3 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 1,125 \cdot 10^{-1}$ , 1/год
Частота пролива:	
– для 10% потери груза	$P_{част} = P_{ав} \cdot A = 1,125 \cdot 10^{-1} \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 1,03 \cdot 10^{-8}$ проливов/год
– для 100% потери груза	$P_{полн} = P_{ав} \cdot B = 1,125 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9 \cdot 10^{-6} / 1,6 = 6,25 \cdot 10^{-8}$ проливов/год

Для построения сценариев возникновения и развития аварий, как правило, используется метод логических деревьев событий.

Логическое дерево событий предназначено для графического отображения общего характера возможных опасных ситуаций и аварий с отражением причинно-следственной взаимосвязи событий в зависимости от специфики опасности объекта с учетом влияния на них имеющихся защитных мероприятий и является основной для оценки риска. Сценарий возникновения и развития опасной ситуации и аварии на логическом дереве отражается в виде последовательности событий от исходного до конечного события (ветвь дерева событий).

При построении логического дерева событий используется:

- условия вероятности реализации различных ветвей логического дерева событий и перехода аварийной ситуации в ту или иную стадию развития;

- вероятность эффективного срабатывания соответствующих средств предотвращения или локализации аварийной ситуации (принимается по имеющейся статистике, паспортным данным оборудования, по плану локализации/ликвидации аварийных ситуаций);

- вероятность поражения расположенного в зоне действия поражающих факторов (тепловое воздействие пожара, ударная воздушная волна взрыва парогазовой фазы) технологического оборудования, зданий и персонала производственного объекта.

В таблице 1.14 приведены условные вероятности мгновенного воспламенения, и воспламенения с задержкой по времени в зависимости от массовой скорости истечения горючих газов, двухфазной среды или жидкости при разгерметизации типового технологического оборудования на производственном объекте.

Примеры использования «деревьев событий» для оценки условной вероятности реализации различных ветвей дерева событий и определения частоты реализации конечного события (сценариев аварий) приведены на рисунках 1.12 - 1.14

Таблица 1.15 - Условная вероятность мгновенного воспламенения и воспламенения с задержкой

Массовый расход истечения, кг/с		Условная вероятность мгновенного воспламенения			Условная вероятность последующего воспламенения при отсутствии мгновенного воспламенения			Условная вероятность сгорания с образованием избыточного давления при последующем воспламенении		
диапазон	номинальное среднее значение	газ	Двухфазная смесь	жидкость	газ	Двухфазная смесь	жидкость	газ	двухфазная смесь	жидкость
малый (<1)	0,5	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,080	0,080	0,050
средний (1-50)	10	0,035	0,035	0,015	0,036	0,036	0,015	0,240	0,240	0,050
большой (>50)	100	0,150	0,150	0,040	0,176	0,176	0,042	0,600	0,600	0,050
полный разрыв	не определено	0,200	0,200	0,050	0,240	0,240	0,061	0,540	0,540	0,100

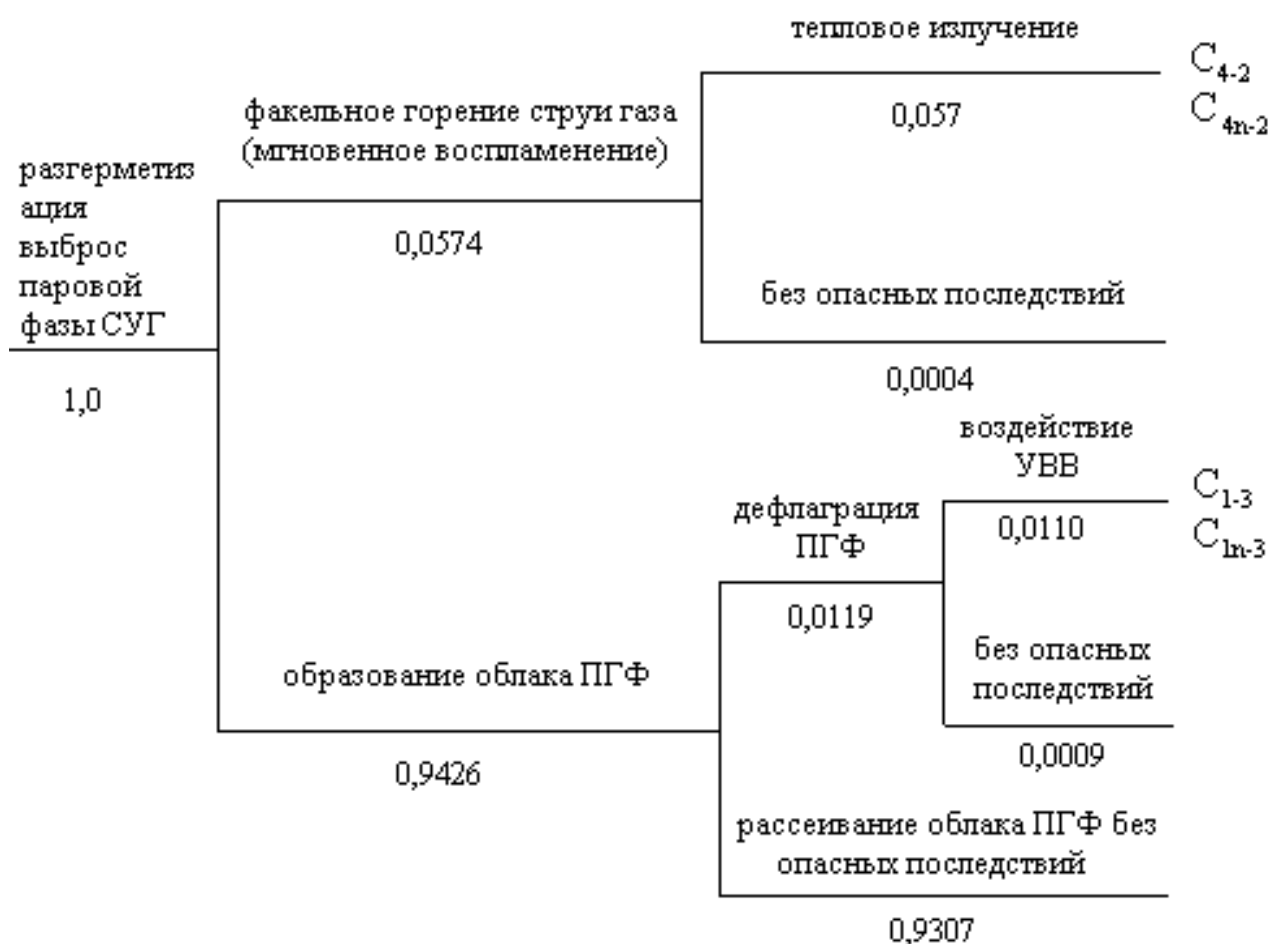


Рисунок 1.14 – «Дерево событий» при аварии трубопровода паровой фазы СУГ при его частичной и полной разгерметизации

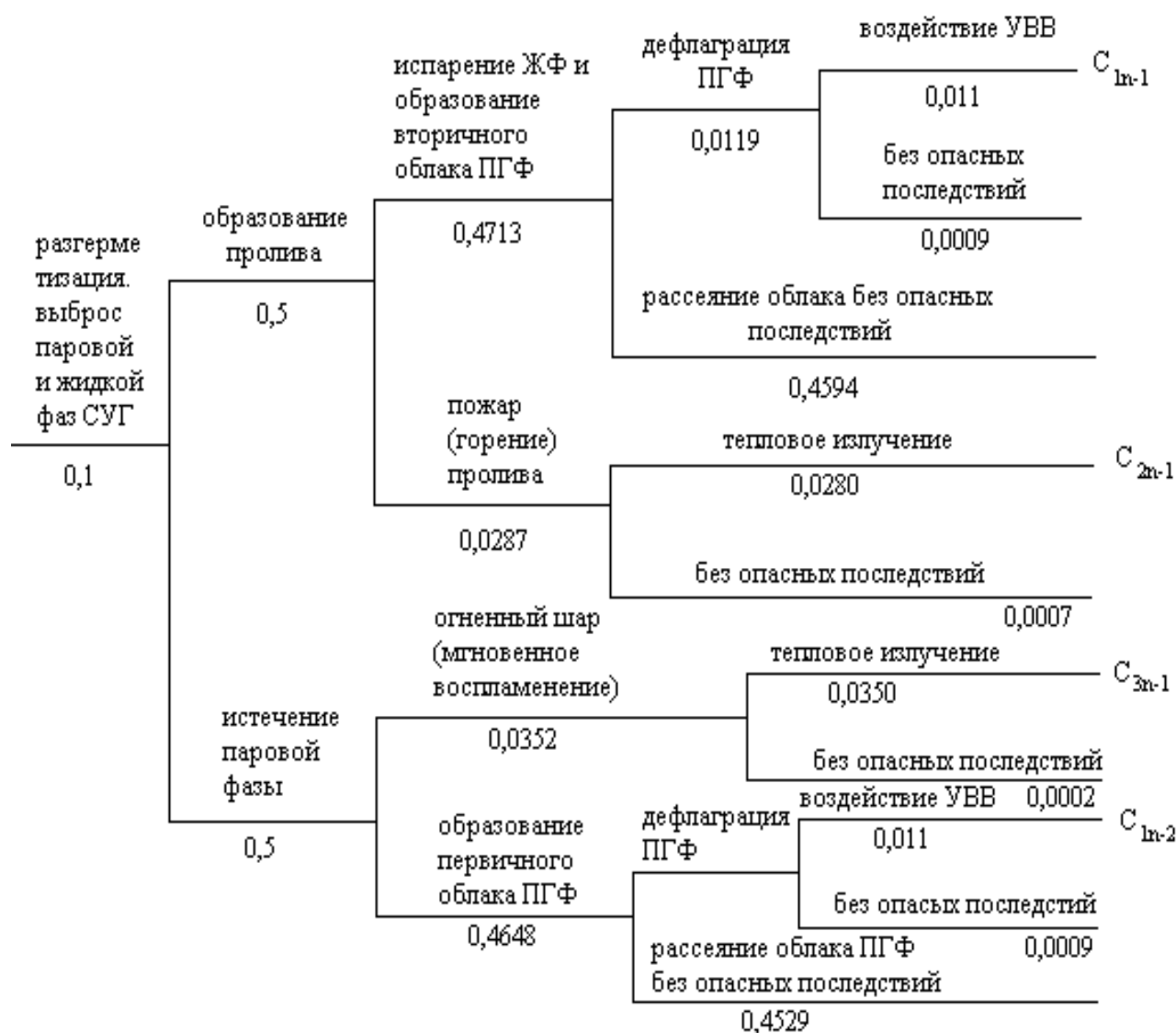


Рисунок 1.15 – «Дерево событий» при аварии снаружи технологического оборудования при полной его разгерметизации (ж/д цистерна, резервуар хранения СУГ, испаритель СУГ)

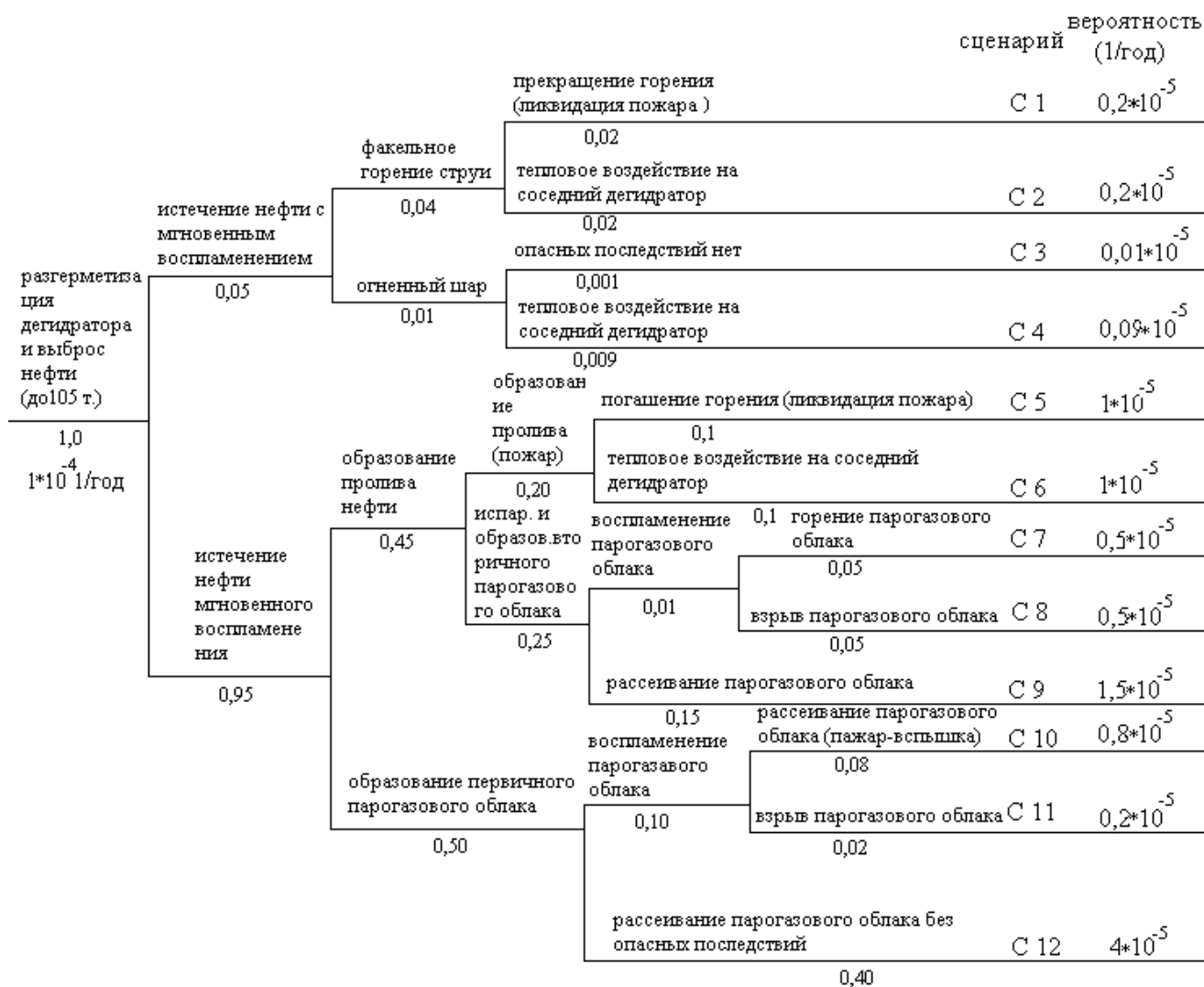


Рисунок 1.16 – «Дерево событий» при аварии установки дегидратации нефти (частичная разгерметизация)

Следует отметить, что если значения условных вероятностей реализации различных ветвей указаны в соответствии с рисунком 2.7 (а), то частота каждого сценария развития аварийной ситуации (конечного события) рассчитывается умножением частоты основного события (исходного события) на вероятность конечного события.

Если значения условных вероятностей реализации различных ветвей указаны в соответствии с рисунком 2.7 (б), то частота каждого сценария развития аварийной ситуации ( $C_1/C_2/C_3$ ) рассчитывается умножением частоты основного события (исходного события) на все условные вероятности ветвей приводящих к реализации конкретного (конечного) сценария развития аварии.

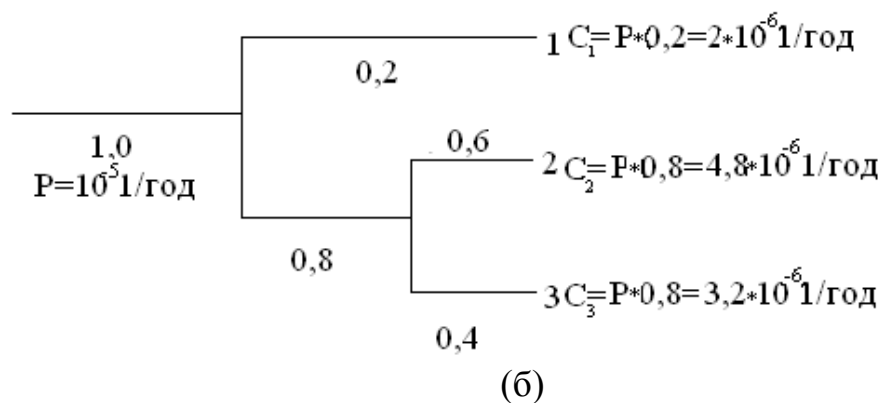
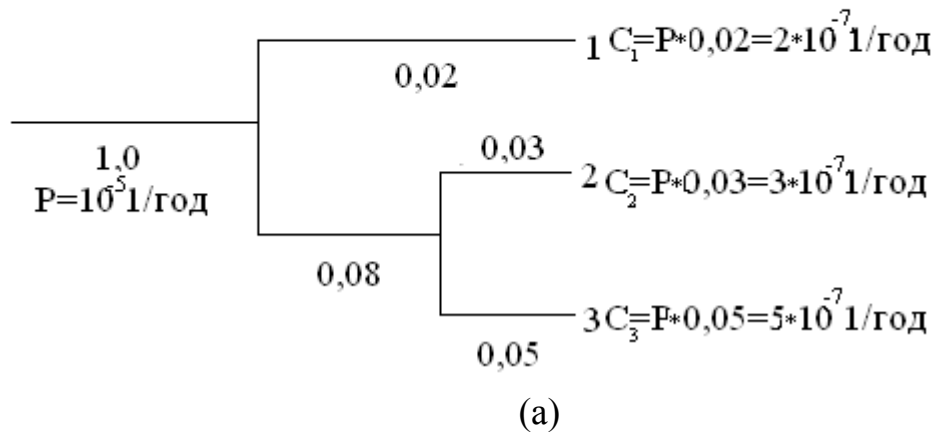


Рисунок 1.17 – Определение частоты развития конечного события

### Выбор физико-математических моделей и методов расчета радиусов зон поражающих факторов

Выбор физико-математических моделей расчета вероятных зон поражающих факторов осуществляется только после построения "дерева событий", установления поражающих факторов для каждого сценария развития аварий (взрыв, выброс опасных веществ и т.д.), определения опасных веществ, участвующих в аварийной ситуации и в создании поражающих факторов.

В зависимости от специфики конкретного производства и сценариев развития аварий на исследуемом объекте для расчета вероятных зон поражающих факторов в курсовых (семестровых) и выпускных квалификационных работах могут быть использованы следующие математические модели:

а) расчет поражающего воздействия УВВ на персонал, здания и сооружения при взрыве топливно-воздушных смесей (ТВС);

б) расчет интенсивности теплового излучения при пожарах проливов горючих жидкостей;



- в) расчет избыточного давления, развиваемого при сгорании газопаровоздушных смесей в помещении;
- г) расчет интенсивности теплового излучения и времени существования "огненного шара";
- д) расчет токсического поражения людей;
- е) расчет параметров взрыва внутри оборудования;
- ж) расчет интенсивности теплового излучения «факельного горения»;
- з) расчет поражающего действия УВВ и продуктов взрыва на персонал, здания и сооружения при детонации ВМ.

Результаты основных расчетов вероятных зон действия поражающих факторов для всех сценариев развития аварий на исследуемом объекте должны быть представлены в отдельных таблицах с указанием наименования оборудования, номера группы сценария и названия методики расчета. Примеры оформления таблиц с основными результатами расчетов вероятных зон действия поражающих факторов приведены в таблице 1.16.

По результатам расчетов радиусов зон поражающих факторов определяются уровни развития аварийных ситуаций для сценариев с наиболее опасными последствиями.

На ситуационном плане изображаются радиусы зон поражающих факторов (в масштабе), т.е. формирование зон поражения для рассматриваемых сценариев аварий.

Каждая аварийная ситуация имеет несколько стадий развития.

При сочетании определенных условий аварийная ситуация может перейти в следующую стадию развития. При этом могут быть достигнуты различные уровни развития аварий:

**Первый уровень - А** - характеризуется возникновением и развитием аварийной ситуации в пределах одного технологического блока без влияния на смежный.

Таблица 1.16 - Основные результаты расчета вероятных зон действия поражающих факторов вероятных сценариев аварийной ситуации

Параметр	Номер сценария			
	C1	C2	....	Cn
<b>Взрыв ВМ (Единые правила безопасности при взрывных работах)</b>				
Уровни поражения ударной волной зданий и сооружений, м: полное разрушение застекления, частичные повреждения рам, дверей, нарушение штукатурки и внутренних легких перегородок (III степень) разрушение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п. (IV степень) разрушение малостойких каменных и деревянных зданий, опрокидывание железнобетонных составов (V степень) Безопасная зона по действию УВВ на человека, м				

Продолжение таблицы 3.7

<b>Взрыв ВМ (Методика института динамики геосфер РАН)</b>				
Летальная зона по действию УВВ на человека, м	100			
<b>Взрыв ВМ (Методика ВНИИПО)</b>				
Уровень поражения человека осколками строительных конструкций, м безопасная зона летальная зона				
<b>Огненный шар (Методика ГОСТ Р 12.3.047-98)</b>				
Длительность огненного шара, с Эффективный диаметр, м Уровни поражения излучением, м летальное поражения человека ожог 1-й степени ожог 2-й степени ожог 3-й степени безопасное расстояние для людей				

**Взрыв топливно-воздушного облака  
(методика НТЦ «Промышленная безопасность»):**

Уровни поражения ударной волной, м Расстояние от центра облака ТВС, м Безразмерный радиус Эффективный энергозапас горючей смеси, МДж Уровни поражения ударной волной, м: 12 кПа – умеренное повреждение зданий 5 кПа – нижний порог повреждения человека 3 кПа – малые повреждения				
--	--	--	--	--

Продолжение таблицы 3.7

**Пожар пролива (Методика ГОСТ Р 12.3.047-98)**

Эффективный диаметр пролива, м Высота пламени, м Максимальная площадь пожара, м <sup>2</sup> Длительность пожара, мин. Уровни поражения тепловым излучением, м: безопасное расстояние для человека непереносимая боль через 20÷30 с, ожог 1-ой степени через 15÷20 с, ожог 2-ой степени че- рез 30÷40 с, непереносимая боль через 5 с, ожог 1-ой сте- пени через 6÷8 с, ожог 2-ой степени через 12÷16 с, воспламенение деревянных конструкций				
---	--	--	--	--

**Токсическое поражение (методика «Токси»)**

Радиус зоны смертельных поражений, м Радиус зоны пороговых поражений, м				
--	--	--	--	--

**Факельное горение газообразного горючего (методика ГАЗПРОМА)**

Максимальная длина факела, м Максимальная ширина факела, м Поражение персонала, м Воспламенение древесины, м Безопасное расстояние для персонала, м				
---	--	--	--	--

### Факельное горение жидкого горючего (методика)

Максимальная длина факела, м				
Максимальная ширина факела, м				
Поражение персонала, м				
Воспламенение древесины, м				
Безопасное расстояние для персонала, м				

В этом случае локализация аварийной ситуации возможна производственным персоналом без привлечения специальных подразделений или при необходимости с привлечением профессиональных аварийно-спасательных формирований по локализации и ликвидации аварийных ситуаций, с целью предупреждения их распространения на другие блоки установки.

**Второй уровень - Б** - характеризуется развитием аварийной ситуации с выходом за пределы блока, установки.

Локализация аварийной ситуации уровня «Б» осуществляется с привлечением военизированных пожарных частей, ГСС, медицинских и других подразделений, а также персонала смежных или технологически связанных объектов, по предупреждению распространения аварии на другие смежные объекты.

Третий уровень – В - характеризуется развитием аварии с выходом ее за пределы территории предприятия.

#### Оценка индивидуального, коллективного и социального рисков гибели людей.

Индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий.

Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени.

Социальный риск – зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек, от этого числа  $N$ .

Процедура количественной оценки риска производится в соответствии со схемой, представленной на рисунке 3.1.

Для определения уровня индивидуального риска следует учитывать природу аварии, долю времени нахождения в "зоне риска" и местонахождение "рискующего". В этой связи индивидуальный риск рассчитывается по формуле (3.1):

$$R_{инд} = \sum_{i=1}^n Q_{ni} \cdot Q_i \cdot P_{npi}, \quad (3.1)$$

где  $R_{инд}$  – индивидуальный риск, 1/год;

$Q_{ni}$  – условная вероятность поражения человека при реализации  $i$ -того сценария аварии;

$Q_i$  – вероятность реализации  $i$ -того сценария аварии в течение года;

$P_{npi}$  – вероятность присутствия человека в зоне действия поражающих факторов  $i$ -того сценария аварии;

$n$  – число сценариев аварии.

Условная вероятность поражения человека избыточным давлением, развиваемым при сгорании паровоздушных смесей на определенном расстоянии от эпицентра, а также тепловым излучением при пожаре пролива, рассчитывается с использованием «пробит-функции».

Индивидуальный риск обычно рассчитывается для различных категорий персонала, при этом учитывается время пребывания персонала конкретной специальности (аппаратчики, слесари, ИТР – начальник цеха, мастер смены, технолог и др.) в зоне поражающих факторов конкретной аварии, при этом используются данные карт занятости персонала на рабочих местах.

Вероятность присутствия персонала в зоне действия поражающих факторов возможной аварии определяется по формуле (3.2):

$$P_{npi} = \frac{\tau_i \cdot n_i}{T}, \quad (3.2)$$

где  $\tau_i$  – время нахождения работающего в пределах зон поражающих факторов в одну смену, ч;

$T$  – количество часов в году;

$n_i$  – количество рабочих смен в году.

Коллективный риск рассчитывается по формуле (3.3):

$$R_{кол} = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot N_i, \quad (3.3)$$

где  $R_{кол}$  – коллективный риск, чел/год;

$Q_i$  – вероятность реализации  $i$ -того сценария аварии в течение года;

$N_i$  – количество погибших при реализации  $i$ -того сценария аварии.

Средний индивидуальный риск рассчитывается по формуле (3.4):

$$R_{cp} = \frac{R_{кол}}{N_i}, \quad (3.4)$$

где  $R_{cp}$  – средний индивидуальный риск, 1/год;

$N_i$  – персонал, подвергающийся риску, чел.

Социальный риск – зависимость частоты возникновения событий  $F$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек. Пример представлен в виде графика на рисунке 2.8.

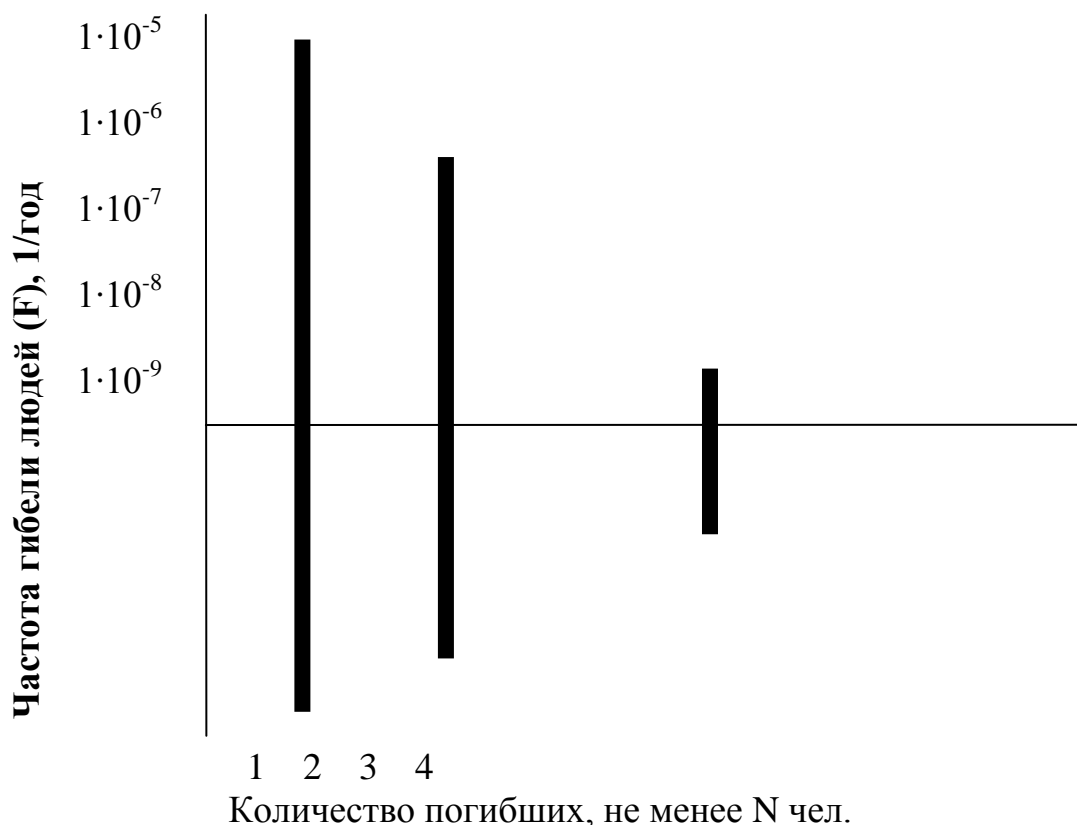


Рисунок 1.19- Частота гибели различного количества людей при аварии  
Для наглядности, перечень составляющих ОПО с указанием рассчитанных показателей риска аварии рекомендуется представлять в виде таблицы 3.8.

Таблица 1.17 - Рассчитанные показатели риска составляющих ОПО

Составляющая	Частота реализации сценария аварии <sup>1</sup> , 1/год	Количество пострадавших <sup>1</sup> , чел., смерт./травм.	Ущерб, руб.		Риск	
			Материальный	Экологический	Индивидуальный, 1/год	Коллективный, чел/год
Склад соляной кислоты	$6,0 \cdot 10^{-9}$	4/65	162932	162874	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Склад серной кислоты	$5,0 \cdot 10^{-7}$	2/0	1421776	-		

Примечание - Необходимо указать данные для наиболее опасных по последствиям сценариев развития аварии

При анализе показателей риска на ОПО на основании таблицы 1.17 приводится следующее (в виде комментария):

1) какая составляющая (блок) является наиболее опасной, при этом указывается: наименование оборудования (резервуар, трубопровод, емкость и т.д.), опасное вещество, вероятность сценария, количество травмированных и погибших, ущерб от аварии;

2) выходят ли зоны действия поражающих факторов гипотетических аварий за пределы санитарно-защитной зоны, затрагивают ли близлежащие населенные пункты, сторонние организации;

3) индивидуальный риск на ОПО на уровне ли среднестатистических показателей риска техногенных происшествий;

4) отмечается соответствует ли современному уровню промышленной безопасности в целом все технические и организационные решения на ОПО, разработаны и осуществляются ли они с учетом действующих нормативных документов.

### **1.7.2 Разработка рекомендаций по уменьшению риска**

1. Разработка рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях предоставляются обоснование меры по уменьшению риска, основанные на результатах оценок риска.

2. Меры по уменьшению риска могут носить технический и (или) организационный характер. При выборе мер решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

3. На стадии эксплуатации опасного производственного объекта организационные меры могут компенсировать ограниченные возможности для принятия крупных технических мер по уменьшению риска.

4. При разработке мер по уменьшению риска необходимо учитывать, что вследствие возможной ограниченности ресурсов в первую очередь должны разрабатываться простейшие и связанные с наименьшими затратами рекомендации, а также меры на перспективу.

5. В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности, как правило, являются меры предупреждения аварии. Выбор планируемых для внедрения мер безопасности имеет следующие приоритеты:

5.1. Меры по уменьшению вероятности возникновения аварийной ситуации, включающие:

- меры по уменьшению вероятности возникновения инцидента,
- меры по уменьшению вероятности перерастания инцидента в аварийную ситуацию;

5.2. Меры по уменьшению тяжести последствий аварии, в свою очередь, имеют следующие приоритеты:

- меры, предусматриваемые при проектировании опасного объекта (например, выбор несущих конструкций, запорной арматуры),
- меры, относящиеся к системам противоаварийной защиты и контроля (например, применение газоанализаторов),
- меры, касающиеся готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации последствий аварий.

6. При необходимости обоснования и оценки эффективности предлагаемых мер по уменьшению риска рекомендуется придерживаться двух альтернативных целей их оптимизации:

- при заданных средствах обеспечить максимальное снижение риска эксплуатации опасного производственного объекта,
- при минимальных затратах обеспечить снижение риска до приемлемого уровня.

### 1.8 Управление риском

Стратегия управления риском не является однозначной и во многом зависит от общего состояния, приоритетов и тенденций развития экономики страны, от существующей законодательной и нормативной базы, отлаженности механизмов экономического и правового управления безопасностью и охраны окружающей среды в промышленности и ряда других факторов.

Проблема управления риском и безопасности населения и территорий состоит в поиске и реализации оптимальной (рациональной) системы мер, снижающих показатели риска. Поскольку показатели риска оцениваются количественно, возникает естественный вопрос: что считать приемлемым риском? Вопрос об уровне приемлемого риска является наиболее важным в принятии решений.

Одним из важнейших подходов при определении приемлемого риска является подход, предложенный В.Маршаллом и заключающийся в определении риска погибнуть в течение года человеку любого возраста (как от разных причин, так и от их совокупности). В.Маршалл считает, что максимально допустимой величиной риска (критерием опасности по уровню риска) является ожидаемая частота гибели человека  $5 \times 10^{-5}$  в год.

В работе приводятся данные о том, что в зависимости от ожидаемых выгод может обсуждаться уровень риска в диапазоне  $10^{-3} \div 10^{-6}$ .

Известный английский ученый Лис в качестве критерия принудительного приемлемого риска приводит значение уровня риска  $10^{-7}$  год. Эту величину он обосновывает статистическими данными о вероятности гибели человека в год от добровольных и принудительных опасностей и болезней различного рода (игра в футбол, вождение автомобиля, курение, лейкемия, падение метеорита и др.).

Следует подчеркнуть, что выбор значения приемлемого уровня индивидуального риска во многом зависит от экономического состояния страны. Так в Нидерландах в 1985 г. концепция «приемлемого риска» была принята в качестве государственного закона. По этому закону вероятность смерти для населения от опасностей, связанных с техносферой, считается недопустимой, если составляет в год более  $10^{-6}$ , и приемлемой – если эта величина меньше  $10^{-6}$ .

Приемлемый риск – это такой уровень смертности, травматизма или инвалидности людей, который не влияет на экономические показатели предприятия, отрасли экономики или государства. В общем случае под приемлемым риском понимается риск, уровень которого допустим и обоснован, исходя из экономических и социальных соображений.

В других странах масштабы использования концепции «приемлемого риска» в законодательстве более ограничены, чем в Нидерландах, но во всех промышленно развитых странах уже существует понимание необходимости более



полного применение такого подхода (концепции «приемлемого риска»), как одного наиболее эффективных механизмов управления промышленной безопасностью.

В Российской Федерации впервые в качестве государственного закона приняты следующие нормативные значения пожарного риска для производственных объектов:

1) величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год ( $10^{-6}$  1/год);

2) риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений;

3) для производственных объектов, на которых обеспечение указанной величины индивидуального пожарного риска невозможно в связи со спецификой используемых технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятичной в год ( $10^{-4}$  1/год), при этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска;

4) величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну стомиллионную в год ( $10^{-8}$  1/год);

5) величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну десятичную в год ( $10^{-7}$  1/год).

Таким образом, отметим, что для определения приемлемости потенциальной опасности промышленных объектов в России с 2009 г. используется индивидуальный и социальный риск. При этом для территории нашей страны фоновый уровень пожарного риска фактически близок к значениям риска западных стран.

Установленные критерии приемлемого риска в России могут служить основой для принятия компетентными государственными органами или местными органами власти решения (в соответствии с требованиями № 116-ФЗ) о приостановлении или возобновлении промышленной деятельности. Критерии приемлемого риска могут служить также основой для разработки планов действий в ЧС и проведения мероприятий по снижению уровня потенциальной опасности промышленных объектов.

Очевидно, что основной механизм управления техногенными рисками – законодательное регулирование государством всех основных фаз промышленной активности: проектирования, размещения, строительства и эксплуатации. На каждой из этих фаз владелец предприятия обязан представить доказательства безопасности своего объекта, его соответствие техническим требованиям

и нормам. Переход владельца к конкретным действиям (например, эксплуатации) возможен лишь после получения соответствующего разрешения властей (получение лицензии).

Эффективность такой правовой процедуры иллюстрирует, например, «Директива по г. Севезо» 1983 года, вышедшая после крупной аварии 10 июля 1976 года в г. Севезо (Италия). Эта авария вызвала у общественности Европы большую озабоченность – 17 км<sup>2</sup> земли в окрестностях г. Севезо в результате выброса диоксида оказались непригодными для каких-либо форм деятельности человека, а способы дегазации местности до сих пор не разработаны. Директива предусматривает для стран-участниц Европейского Экономического Сообщества требование обязательности предоставления промышленными предприятиями «Докладов (деклараций, отчетов) о безопасности». После включения этого требования в национальные законодательства аварийность в промышленности стало заметно снижаться.

Таким образом, основными положениями законодательного регулирования государством всех основных фаз промышленной активности должно быть (с учетом зарубежного опыта) следующее:

- обязательная защита всего населения, проживающего в зонах, подвергаемых возможному действию техногенных катастроф;
- ограничение в установленных законодательством пределах опасных видов промышленной деятельности;
- обеспечение установленных обществом требований безопасности для всех видов промышленных объектов, вне зависимости от расположения, характера производства, форм собственности;
- соблюдение установленных государством требований безопасности к технико-экономическому обоснованию, проектированию и размещению промышленных объектов, к конструированию и изготовлению оборудования, к строительству промышленных объектов и вводу их в эксплуатацию;
- лицензирование деятельности, связанной с опасными промышленными объектами;
- проведение экспертизы промышленной безопасности;
- осуществление контроля и надзора за безопасностью в промышленности, соблюдение ответственности за нарушение законодательства о безопасности в промышленности;
- информирование населения об опасной промышленной деятельности и последствиях возможных аварий;
- возмещение вреда, причиненного нарушением законодательства о безопасности в промышленности;
- установление специальных полномочий государственным, территориальным и местным органам власти по приостановке опасной промышленной деятельности.

В тесной связи с законодательными механизмами регулирования промышленных рисков находятся экономические механизмы регулирования безопасности.

К экономическим механизмам регулирования безопасности относятся:

- льготное кредитование мероприятий по обеспечению безопасности;
- предоставление налоговых льгот наиболее безопасными предприятиями;
- применение штрафных санкций к наиболее опасным предприятиям;
- страхование персонала, опасного производственного фонда (ОПФ), ответственности предприятий и др.

Последнее (а именно проблема страхования от ЧС) требует особого внимания. В России до последнего времени вся тяжесть последствий ЧС ложилась на государство, не происходило экономически целесообразного перераспределения рисков хозяйственных потерь от ЧС.

Важной сферой обеспечения промышленной безопасности является инженерная сфера, то есть практическое воплощение целей и установок социально-экономической природы, обеспечение приемлемого обществом уровня риска.

Здесь можно выделить четыре основных направления. Первое направление - наиболее традиционное – повышение надежности используемого технологического оборудования, введение технических систем обеспечения безопасности (двойные стенки резервуаров – стакан в стакане, факельные системы, предохранительные клапаны, обвалования и т.д.).

Второе направление инженерной сферы деятельности по обеспечению безопасностью в промышленности – придание технологиям «внутренне присущей» безопасности.

Наиболее известные примеры такого подхода – сокращение объемов опасного вещества или замена их неопасными компонентами (функционально подобными исходными веществами), а также модификация используемых технологических процессов. Основная идея направления – сделать гарантом безопасности не регламент (человек всегда может ошибаться), не системы автоматизации (механизм всегда может отказаться), а фундаментальные законы природы, «срабатывающие» в любых условиях.

Третье направление – административное – в рамках которого осуществляется менеджмент (т.е. планирование, организация, руководство, контроль) всей системой взаимосвязанных действий по обеспечению безопасности. Здесь имеется в виду распределение ответственности, учет человеческого фактора, ведение проекта и внесение в него необходимых исправлений, расследование происшествий и подготовка персонала, проведение ревизий, осуществление контроля технологий и т.д. Эта деятельность рассматривается на Западе как частное приложение общих концепций и практики менеджмента в конкретной сфере - промышленной безопасности.

Четвертое направление в практическом осуществлении безопасности в промышленности – это организация действий в ЧС. Эти действия осуществляются с помощью систем раннего обнаружения и предупреждения аварий, технических средств противодействия ее распространению: водяных и паровых завес, снижение энергии возможных источников воспламенения, нейтрализаторов токсичности паровых облаков и т.п. От того, насколько эффективно в каждой конкретной ситуации проводятся спасательные, аварийно восстанови-

тельные, эвакуационные работы, зачастую зависит жизнь и здоровье сотен и тысяч людей.

Следует отметить, что рациональный объем внедрения мероприятий по предотвращению ущерба, расчет сил и средств для локализации и ликвидации последствий аварий невозможен без прогноза возможного развития аварий и их последствий. Для этой цели на опасном производственном объекте разрабатывается декларация промышленной безопасности (если объект декларируется в соответствии с № 116-ФЗ), план локализации и ликвидации аварийных ситуаций, паспорт безопасности опасного производственного объекта и др.

Таким образом, анализ основных сфер деятельности по обеспечению безопасности в промышленности позволяет выделить следующие основные направления управления риском:

- 1) законодательное регулирование безопасности;
- 2) экономическое регулирование безопасности;
- 3) инженерно-технические мероприятия, снижающие:
  - вероятность аварии;
  - интенсивность поражающих факторов;
  - материальный ущерб;
  - ожидаемое количество погибших и пострадавших;
- 4) организационные мероприятия (действия при ЧС), снижающие : материальный ущерб, ожидаемое количество погибших и пострадавших;
- 5) повышение готовности общества к ЧС на местном уровне.

Модель управления риском состоит из четырех этапов:

Первый этап связан с характеристикой риска. На начальном этапе проводится сравнительная характеристика рисков с целью установления приоритетов. На завершающей фазе начального этапа оценки риска устанавливается степень опасности (вредности).

Второй этап – определение приемлемого риска. Риск сопоставляется с рядом социально экономических факторов:

- выгодой от того или иного вида хозяйственной деятельности;
- потерями, обусловленными использованием вида деятельности;
- наличием и возможностью регулирующих мер с целью уменьшения негативного влияния на среду и здоровье человека.

Процесс сравнения опирается на метод «затраты – выгоды» (рис.1.20)



Рисунок 1.20 – Определение приемлемого риска при помощи метода «затраты – выгоды»

Критерии выбора альтернативности между «затратами – выгодами» можно определить как минимум суммарной стоимости (Z) затрат на снижение риска экономических аварий, которая определяется по формуле (1.1):

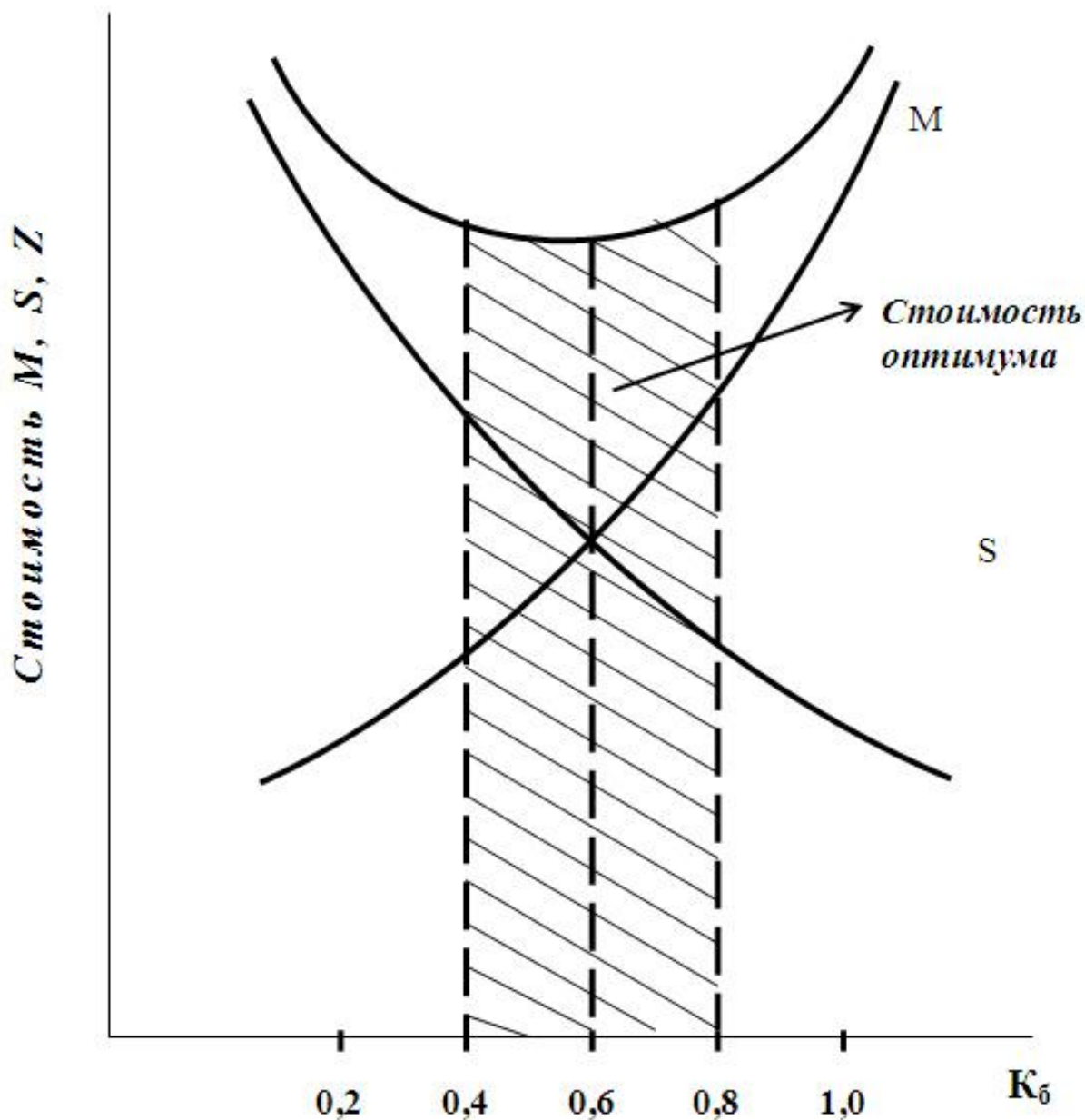
$$Z = M + S, \quad (1.1)$$

где M – ущерб от аварии;

S – затраты на обеспечение безопасности.

В общем случае с увеличением затрат на снижения риска (M) функция (S) – экономический эквивалент ущерба уменьшается, как это показано на рисунке 1.2. Поэтому, исходя из принципа равновесия в управлении риском, в области оптимальных затрат выполняется равенство (1.2):

$$M \approx S \quad (1.2)$$



$K_6$  – критерии безопасности;  
 заштрихованная площадь – область приемлемых значений (S) и (M)

Рисунок 1.21 – Соотношение ущерба (S) и затрат на безопасность (M)

Из рисунка 1.2 следует, что приемлемый риск сочетает в себе технические, социальные, экологические аспекты и представляет некоторый компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, т.е. можно говорить о снижении индивидуального, технического или экологического риска, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить и каким в результате окажется социальный риск.

В сопоставлении «не рискованных» факторов с «рисковыми» проявляется суть процесса управления риском.

Возможны три варианта принимаемых решений:

- 1) риск приемлем полностью;
- 2) риск приемлем частично;
- 3) риск не приемлем полностью.

В настоящее время уровень пренебрежимого предела риска обычно устанавливают как 1% от максимально допустимого.

В двух последних случаях необходимо установить уровень приемлемости, что входит в задачу третьего этапа процедуры управления риском.

Третий этап – определение уровня приемлемости – заключается в выборе одной из организационно-технических мер, способствующих уменьшению (в первом и во втором случае) или устранению (в третьем случае) риска.

Четвертый этап – принятие регулирующего решения – определение нормативных (законов, постановлений, инструкций) и их положений, соответствующих реализации организационно-технических мер, которые были установлены на предшествующей стадии. Данный элемент, завершая процесс управления риском, одновременно увязывает все его стадии, а также стадии оценки риска в единый процесс принятия решений, т.е. в единую концепцию риска.

Таким образом, целью государственной политики в области снижении рисков и смягчения последствий ЧС природного и техногенного характера должно стать обеспечение гарантированного уровня безопасности личности, общества и окружающей среды в пределах показателей приемлемого риска, критерии (нормативы) которых устанавливаются для соответствующего периода социально-экономического развития страны с учетом мирового опыта в данной области.

## 1.9 Опасные и вредные производственные факторы

В развитом обществе здоровье человека – это определяющий системообразующий фактор государственной экономической и социальной политики, приоритетное направление всех природоохранных и профилактических мероприятий.

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): «Здоровье это состояние полного душевного физического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней или физических дефектов» [22].

Существенную роль в нарушении состояния здоровья играют следующие факторы [23]:

- образ жизни (табакокурение, употребление алкоголя, наркотиков, лекарств, питание, **условия труда**, семейное положение, материально-бытовые условия и т.п.) - на 49-53 %;
- генетические и биологические факторы – на 18-22 %;
- состояние здравоохранения – на 8-10 %;
- окружающая среда (природно-климатические факторы) – на 17-20 %.

Таким образом, на здоровье работающего населения определяющее влияние оказывает производственная среда: - часть окружающей среды, образованная вредными и опасными производственными факторами и условиями, харак-

теризующими рабочее место и воздействующими на человека в процессе трудовой деятельности.

*Условия труда* – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работников.

*Производственная деятельность* – совокупность действий работников с применением средств труда, необходимых для превращения ресурсов в готовую продукцию, включающих в себя производство, переработку различных видов сырья, строительство, оказание разного рода услуг.

*Гигиена труда* – наука, изучающая гигиенические условия, характер труда, и их влияние на здоровье и работоспособность человека. Гигиена труда разрабатывает научные основы и практические меры по предупреждению отрицательных последствий трудовой деятельности [24].

Изучение условий труда приводит к разработке соответствующих гигиенических нормативов, устранению вредностей, созданию благоприятных (безопасных) условий труда.

*Безопасные условия труда* – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов исключено, либо уровень их воздействия не превышает установленных нормативов.

*Вредный производственный фактор* – производственный фактор, воздействие которого на работника может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, привести к нарушению здоровья потомства.

*Опасным фактором* называют такой фактор, воздействие которого на человека в определенных условиях приведет к травме или внезапному резкому ухудшению здоровья.

Опасные и вредные производственные факторы согласно [25] делятся на: *химические, физические, биологические, психофизические.*

Физические опасные и вредные производственные факторы подразделяются на:

движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; обрушивающиеся горные породы; повышенную запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов; повышенную или пониженную температуру воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень вибрации; повышенный уровень инфразвуковых колебаний; повышенный уровень ультразвука; повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение; повышенную или пониженную влажность воздуха; повышенную или пониженную подвижность воздуха; повышенную или пониженную ионизацию воздуха; повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенную напряженность электриче-



ского поля; повышенную напряженность магнитного поля; отсутствие или недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенную яркость света; пониженную контрастность; прямую и отраженную блескостность; повышенную пульсацию светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола); невесомость.

Химические опасные и вредные производственные факторы подразделяются:

*по характеру воздействия* на организм человека на: токсические, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию;

*по пути проникания в организм* человека: через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

*Биологические опасные* и вредные производственные факторы включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности.

*Психофизиологические* опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на следующие: физические перегрузки, нервно-психические перегрузки.

*Физические перегрузки* подразделяются на статические и динамические.

*Нервно-психические* перегрузки подразделяются на: умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки.

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам.

При длительном и интенсивном воздействии вредных и опасных производственных факторов в состоянии здоровья работающих возникают необратимые изменения, ведущие к возникновению профессиональных заболеваний.

*Профессиональные заболевания* – заболевания, в возникновении которых решающая роль принадлежит воздействию неблагоприятных факторов производственной среды и трудового процесса.

*Производственная санитария* представляет собой систему организационных гигиенических и санитарно-технических мероприятий, целью которых является предотвращение воздействия на работающих вредных производственных факторов, обеспечение на производстве здоровых условий труда [24].

Рассмотрим подробнее вредные и опасные производственные факторы.

## **2. Основы обеспечения безопасности производств.**

Аксиома безопасности труда: абсолютная безопасность не может быть обеспечена, объект может быть только относительно безопасен.

## 2.1 Определение понятия «безопасность» и общие принципы обеспечения промышленной безопасности

До последнего времени анализ безопасности проводится на основе методологии абсолютной безопасности, предполагающей, что все расчеты должны проводиться на основе наиболее неблагоприятных сочетаний нагрузок, внешних воздействий и т.п. детерминистическими методами. В рамках такого подхода считалось, что наличие запаса, например прочности, гарантирует безопасность объекта. При этом игнорировалось маловероятное, но возможное сочетание неблагоприятных факторов, которое могло привести к аварии.

Техногенные катастрофы показали, что концепция абсолютной безопасности неадекватна вероятностной природе аварий, порождаемых как раз маловероятным фактором. Можно ожидать, что по мере увеличения срока эксплуатации сложных объектов уже нельзя пренебрегать развитием аварийных ситуаций, ассоциируемых с частотой возникновения в  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, т.к. в силу вероятностного закона больших чисел, наступление нежелательного события (аварии) для таких систем становится вполне вероятным. Это обстоятельство привело к смене концепции абсолютной безопасности на современную методологию приемлемого риска. Так как введение приемлемых рисков является акцией, прямо направленной на защиту человека, можно дать следующее определение понятия «безопасность».

Безопасность – это опасность, риск который является приемлемым (допустимым). Безопасность – состояние защищенности отдельных лиц, общества и природной среды от чрезмерной опасности.

Таким образом, цель системы обеспечения промышленной безопасности состоит либо в минимизации ущерба в допустимых пределах при условии соблюдения технологии работ и ресурсов, выделенных для обеспечения безопасности. При этом имеется в виду не абсолютный, а относительный уровень безопасности, учтенный искомой вероятностью.

Существуют два подхода к нормированию в области обеспечения производственной безопасности: детерминированный и вероятностный.

Детерминированный подход основан на определенной количественной дифференциации и распределения аварийных ситуаций, производственных объектов, технологических процессов, зданий и сооружений, производственного оборудования по степени опасности на категории, классы и т.п., определяемых по параметру, характеризующему потенциальную энергию взрыва, количество пораженных и пострадавших, а также разрушающие последствия пожара и взрыва. При этом назначаются конкретные количественные границы этих категорий, классов и т.п.

Примерами действующих в РФ нормативных документов, носящих детерминированный характер, являются:

- Нормы пожарной безопасности (НПБ 105-03);
- Правила устройств электроустановок (ПУЭ);

- Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03);

- Строительные нормы и правила (СНиП) и др.

Детерминированный метод расчета предполагает сравнение каких-либо параметров с заранее заданными. Принимая в расчетах худшие варианты событий, приводящие к аварийной ситуации, указывают конкретные условия расчетов и возможные допущения, что оправдывает сравнимость результатов.

К достоинствам детерминированного подхода относятся: достаточный для различных реальных ситуаций набор необходимых сведений, сравнительная простота использования методов категорирования, высокая степень завершенности элементов и методов, однозначность решения категорирования и выбора мероприятий защиты, регламентированных нормами применительно к установленным категориям.

Недостатком этого подхода является ограниченная возможность варьирования при определении категорий и то, что нередко его применение обуславливает затруднения по применению прогрессивных проектных решений и излишние затраты на реализацию этих решений.

Вероятностный подход основан на концентрации допустимого риска с расчетом вероятности достижения определенного уровня безопасности и предусматривает не допущение воздействия на людей опасных факторов производственной среды с вероятностью, превышающей нормативную.

Нормативными документами, основанными на вероятностном подходе, являются:

- Стандарты ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ «Взрывобезопасность. Общие требования»;

- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования»;

- Санитарные правила СП 2.6.1.758-99 «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности» (НРБ-99).

Вероятностный подход является более прогрессивным и совершенным, поскольку дает возможность нахождения оптимального варианта проектного решения. Он основан на количественной зависимости между опасными производственными факторами, приносимым материальным ущербом и вероятностью реализации опасных факторов с учетом защитных мер. Однако этот подход более сложен и требует многочисленных дополнительных сведений (например «статистических данных о пожарах и взрывах для однотипных объектов, сведений о надежности оборудования и систем), которые, как правило, отсутствуют. Главным затруднением в использовании этого подхода является необходимость учета человеческого фактора и надежности системы «человек-машина»

Система обеспечения промышленной безопасности основана на следующих принципах:

- 1) Технические принципы. Они направлены на непосредственное предотвращение действия опасных факторов и основаны на использовании фи-

зических законов. К ним относятся: принципы защиты расстоянием и временем; принцип экранирования; принципы прочности; недоступности; блокировки; герметизации; дублирования.

2) **Управленческие принципы:** принципы классификации (категорирования) объектов на классы и категории по признакам, связанными с опасностями; плановости; контроля; управления; эффективности; подбора кадров; стимулирования и ответственности.

3) **Организационные принципы:** принцип эргономичности; рациональная организация труда; компенсации.

При реализации принципов промышленной безопасности используются следующие методы и средства обеспечения безопасности:

- механизация и автоматизация производственных процессов;
- дистанционное управление оборудованием;
- использование роботов и манипуляторов;
- создание безопасной производственной среды: применение принципа безопасности к совершенствованию производственной среды; повышение защитных свойств человека при помощи коллективных и индивидуальных средств защиты; адаптация человека к производственной среде путем обучения и инструктирования.

В российской федерации новые концепции обеспечения безопасности и безаварийной производственных процессов на объектах экономики диктуются в федеральном Законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 22.07.97 г. № 116-ФЗ, Федеральном Законе «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. №123-ФЗ, Федеральном Законе «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.99г. №52-ФЗ, Федеральном законе «Об использовании атомной энергетики» от 21.11.95 г. № 170-ФЗ, Законе РСФСР «Об охране окружающей природной среды» от 19.12.91 г. № 2060-1.

Одним из основных (в рамках законодательного и нормативно-технического регулирования безопасности) механизмов управления риском и достижения приемлемого уровня безопасности являются:

- 1) идентификация производственных объектов
- 2) декларирование безопасности промышленной деятельности;
- 3) паспортизация безопасности опасных объектов;
- 4) разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций на основных производственных объектах;
- 5) экспертиза промышленной безопасности.

### **2.1.1 Идентификация опасных производственных объектов**

Целью идентификации является определение признака и типа опасных производственных объектов в составе организации, эксплуатирующей ОПО для регистрации в государственном реестре опасных производственных объектах и обязательного страхования ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей природной среде в случаи аварии на ОПО.

Идентификация ОПО осуществляется в соответствии с перечнем типовых видов опасных производственных для целей регистрации в государственном реестре, на основании Приложения 1 «Методических рекомендаций по осуществлению идентификации опасных производственных объектов» Приказ Ростехнадзора № 131 от 05.03.2008 г., а также требований Приложения №8 к «Административному регламенту по регистрации опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов» (утв. Приказом Ростехнадзора № 606 от 04.09. 2007 г.)

Идентификация проводится на основании анализа следующих документов организации:

- структуры предприятия;
- генерального плана расположения зданий и сооружений предприятия;
- сведений о применяемых технологиях, основных и вспомогательных производств;
- спецификации установленного оборудования;
- документации на технические устройства, используемые на производстве;
- учредительных документов предприятия;
- документов, подтверждающих право на осуществление лицензируемых видов деятельности и разрешений на применение соответствующего оборудования.

В результате идентификации определяются количественные и качественные характеристики опасного производственного объекта и иные характеризующие его сведения. На основании сведений, характеризующих опасный производственный объект, организация заполняет карту учета опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов.

Карта учета опасного производственного объекта в государственном реестре опасных производственных объектов это документ, установленного образца, неотъемлемое приложение к Свидетельству о регистрации опасных производственных объектов, заполняется для каждого опасного производственного объекта, содержит сведения о наименовании, признаках опасности и типе опасного производственного объекта, данные учредительных документов организации и т.д.

Следует отметить, что при осуществлении идентификации и отнесении объекта к категории опасного производственного объекта по признаку опасности, связанному с обращением опасного вещества, необходимо руководствоваться (в соответствии с п.16 Приложения «8 к Административному регламенту по регистрации опасных производственных объектов и ведению государственного реестра опасных производственных объектов) следующим.

Опасные вещества, обращающиеся на объекте в количестве равном, или менее 2% от предельно допустимого, указанного в Приложении 2 Федерального Закона от 21.07.97 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», можно не учитывать (если нормативными докумен-

тами на конкретное вещество не установлено другое) при отнесении такого объекта к категории опасного производственного объекта, если их размещение на территории эксплуатирующей организации таково, что не может стать причиной возникновения крупной аварии (рекомендации Директивы №96/82 (ЕЭС 09.01.1996 г.).

Свидетельство о регистрации опасных производственных объектов – оформляется на номерном бланке, подлежащем строгой отчетности, выполненном типографским способом, выдается эксплуатирующей организации и содержит сведения о регистрирующем органе, осуществившем его выдачу, эксплуатирующей организации (название, местонахождение), регистрационный номер, перечень эксплуатируемых опасных производственных объектов, их наименование. Имеет регистрационный номер.

После регистрации опасных производственных объектов в государственном реестре опасных производственных организация в обязательном порядке должна соблюдать все требования промышленной безопасности.

В соответствии со статьями 3 и 9 «116-ФЗ к числу документов, содержащих требования промышленной безопасности, кроме федеральных законов относятся:

- нормативные правовые акты Президента Российской Федерации;
- нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти;
- нормативные технические документы (акты): ГОСТы, стандарты, СНиПы и т.п.;
- другие документы в области промышленной безопасности.

### **2.1.2 Декларирование промышленной безопасности.**

Декларирование промышленной безопасности регламентируется Федеральным Законом «О промышленной безопасности основных производственных объектов» от 21.07.97 г. №116-ФЗ.

Декларация промышленной безопасности опасного производственного объекта – документ, в котором представлены результаты всесторонней оценки риска аварии, анализа достаточности принятых мер по предупреждению аварий и по обеспечению готовности организации к эксплуатации опасного производственного объекта в соответствии с требованиями норм и правил промышленной безопасности, а также к локализации последствий аварий на опасном производственном объекте.

Промышленный объект подлежит обязательному декларированию безопасности в случаях:

- если он включен в список объектов, деятельность которых связана с повышенной опасностью;
- если на нем обращаются опасные вещества в количестве, равном или превышающем определенное пороговое значение, указанных в Приложении 2 к №116-ФЗ.

Декларация безопасности подлежит обновлению не реже одного раза в 5 лет, а также в случаях:

- изменения сведений, входящих в неё и влияющих на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение чрезвычайных ситуаций и защиты населения от чрезвычайных ситуаций;

- изменения действующих требований (правил и норм) в области промышленной безопасности и предупреждения чрезвычайных ситуаций и защиты населения от чрезвычайных ситуаций;

- совместного решения органов МЧС России и Ростехнадзора.

Состав, содержание и требования к оформлению декларации регламентированы «Порядком оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечнем включаемых в неё сведений» РД-03-14-2005 (утв. Приказом Ростехнадзора от 29.11.2005 г. №893).

Декларация должна включать следующие структурные элементы:

- титульный лист;
- данные об организации – разработчике декларации;
- оглавление;
- раздел 1 «Общие сведения»;
- раздел 2 «Результаты анализа безопасности»;
- раздел 3 «Обеспечение требований промышленной безопасности»;
- раздел 4 «Выводы»;
- раздел 5 «Ситуационные планы»;
- обязательные приложения к декларации;
- приложение №1 «Расчетно-пояснительная записка»;
- приложение №2 «Информационный лист».

Приложение №1 «Расчетно-пояснительная записка» имеет следующую структуру:

- титульный лист;
- оглавление;
- раздел 1 «Сведения о технологии»;
- раздел 2 «Анализ риска»;
- раздел 3 «Выводы и предложения»;
- список использованных источников.

Приложение №2 «Информационный лист» служит для предоставления гражданам (по их обращению), имеет титульный лист и включает следующие структурные элементы:

- 1) наименование организации, эксплуатирующей декларируемый ОПО или являющейся заказчиком проектной документации;
- 2) сведения о лице, ответственном за информирование и взаимодействие с общественностью (должность, фамилия и инициалы, телефон);
- 3) краткое описание характеристик опасных веществ, обращаемых на декларируемом объекте;
- 4) перечень и основные характеристики опасных веществ, обращаемых на декларируемом объекте;
- 5) краткие сведения о масштабах и последствиях возможных аварий и мерах безопасности;

б) сведения о способах оповещения и необходимых действиях населения при возникновении аварий.

Декларация промышленной безопасности разрабатывается в составе проектной документации на строительство, расширение, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта; утверждается руководителем организации, эксплуатирующей опасный производственный объект.

Руководитель организации, эксплуатирующей опасный производственный объект, несёт ответственность за полноту и достоверность сведений, содержащихся в декларации промышленной безопасности, в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Декларация промышленной безопасности, подлежит экспертизе в соответствии с «Положением о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности» (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.03.2003 г. №8 РД-05-539-03) и в порядке, установленном «Правилами экспертизы декларации промышленной безопасности», утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 07.09.99 г. №65 (зарегистрировано Минюстом России от 01.10.99 г. №1920), с изменением №1, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 27.10.00 г. №61 (зарегистрировано Минюстом России от 30.11.00 г. №2476).

Декларацию промышленной безопасности представляют органам государственной власти, органам местного самоуправления, общественным объединениям и гражданам в порядке, который установлен Правительством Российской Федерации.

### **2.1.3. Паспорт безопасности опасного объекта**

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается для решения следующих задач:

- определения показателей степени риска чрезвычайной ситуации для персонала опасного объекта и проживающего вблизи населения;
- определения возможности возникновения чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- оценки возможных последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- оценки возможного воздействия чрезвычайных ситуаций, возникших на соседних опасных объектах;
- оценки состояния работ по предупреждению чрезвычайных ситуаций и готовности к ликвидации чрезвычайных ситуаций на опасном объекте;
- разработки мероприятий по снижению риска и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций на опасном объекте.

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается в соответствии с приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий



от 04.11.2004 г. №506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта». Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.12.2004 г. №6218.

Паспорт безопасности опасного объекта разрабатывается в двух экземплярах. Первый экземпляр паспорта безопасности опасного объекта остаётся на объекте. Второй экземпляр направляется в Главное управление МЧС России по субъекту Российской Федерации (по месту расположения объекта).

Паспорт безопасности опасного объекта включает в себя:

- титульный лист;

- разделы:

«Общая характеристика опасного объекта»;

«Показатель степени риска чрезвычайных ситуаций»;

«Характеристика аварийности и травматизма»;

«Характеристика организационно-технических мероприятий, обеспечивающих безопасность объекта и готовность к ликвидации чрезвычайных ситуаций»;

- последний лист, содержащий подписи разработчиков.

К паспорту безопасности опасного объекта прилагается ситуационный план с нанесенными на него зонами последствий от возможных чрезвычайных ситуаций на объекте, диаграммы социального риска (F/N – диаграмма и F/G – диаграмма), расчетно-пояснительная записка.

В паспорте безопасности опасного объекта показатели степени риска приводятся только для наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития чрезвычайных ситуаций.

На ситуационный план объекта с прилегающей территорией наносятся зоны действия поражающих факторов возможных чрезвычайных ситуаций и индивидуального (потенциального) риска. Построение изолиний риска осуществляется от максимально возможных значений до  $10 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$ .

Расчетно-пояснительная записка является приложением к паспорту безопасности опасного объекта.

Расчеты по показателям степени риска объекта представляются в расчетно-пояснительной записке.

Разработка расчетно-пояснительной записки не требуется, если на объекте разработана декларация промышленной безопасности.

В расчетно-пояснительной записке приводятся расчеты по всем возможным сценариям развития чрезвычайных ситуаций.

При определении показателей риска учитывается возможность возникновения чрезвычайных ситуаций, если источником являются аварии или чрезвычайные ситуации на рядом расположенных объектах или транспортных коммуникациях, а также опасные природные явления.

Расчетно-пояснительная записка должна иметь следующую структуру:

- титульный лист;

- список исполнителей с указанием должностей, научных званий, названием организации;

- аннотация;

- содержание (оглавление);
- задачи и цели оценки риска;
- описание опасного объекта и краткая характеристика его деятельности;
- методология оценки риска, исходные данные и ограничения для определения показателей степени риска чрезвычайных ситуаций;
- описание применяемых методов оценки риска и обоснование их применения;
- результаты оценки риска чрезвычайных ситуаций, включая чрезвычайные ситуации, источниками которых могут явиться аварии или чрезвычайные ситуации на рядом расположенных объектах, транспортных коммуникациях, опасные природные явления;
- анализ результатов оценки риска;
- выводы с показателями степени риска для наиболее опасного и наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития чрезвычайных ситуаций;
- рекомендации для разработки мероприятий по снижению риска на опасном объекте.

#### **2.1.4 Разработка плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций**

План локализации ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) разрабатывается с целью:

- Определения возможных сценариев возникновения аварийной ситуации и её развития;
- Определения готовности организации к локализации и ликвидации аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- Планирования действий производственного персонала и аварийно-спасательных служб (формирований) по локализации и ликвидации аварийных ситуаций на соответствующих стадиях их развития;
- Разработки мероприятий, направленных на повышение противоаварийной защиты и снижения масштабов последствий аварий;
- Выявление достаточности принятых мер по предупреждению аварийных ситуаций на объекте.

Порядок разработки ПЛАС, требования к его составу, содержанию, форме, процедуре утверждения и пересмотра регламентируется «Методическими указаниями о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах». РД 09-536-03 (утв. постановлением Госгортехнадзора России от 18.04.2003 г. №14)

Ответственность за своевременное и правильное составление ПЛАС и соответствие требованиям указанного документа возлагается на технического руководителя предприятия.

ПЛАС должен содержать:

- титульный лист;
- оперативную часть, в которой дается краткая характеристика опасности объекта (технологического блока, установки и т.д.), мероприятия по защите персонала и действиям по локализации и ликвидации аварийных ситуаций;

- расчетно-пояснительную записку, в которой содержится подробный анализ опасности возможных аварийных ситуаций на объекте.

- ПЛАС и расчетно-пояснительная записка должны быть оформлены в виде отдельных переплетных книг и утверждены в виде отдельных переплетенных книг и утверждены техническим руководителем организации;

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

Содержание оперативной части ПЛАС определяется масштабом аварийных ситуаций и могут быть трех уровней: «А», «Б», и «В» :

- на уровне «А» аварийная ситуация характеризуется развитием в пределах одного блока объекта (цеха, установки, производственного участка), являющегося структурным подразделением организации;

- на уровне «Б» аварийная ситуация характеризуется переходом за пределы одного блока объекта и развитием ее в пределах организации;

- на уровне «В» аварийная ситуация характеризуется развитием и выходом за пределы территории организации, возможностью воздействия поражающих факторов на население близлежащих населенных пунктов и другие организации (объекты), а также окружающую среду.

ПЛАС на уровне «А» разрабатывается для руководства действиями:

- производственного персонала технологического блока;

- членов нештатных аварийно-спасательных формирований (НАСФ);

- привлекаемых, в случае необходимости, профессиональных аварийно-спасательных формирований по локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПАСФ), предупреждению их распространения на другие блоки объекта.

ПЛАС на уровне «А» должен включать:

1. Краткую характеристику блоков.

2. Принципиальную технологическую схему блоков.

3. План расположения основного технологического оборудования блоков, входящих в состав объекта.

4. Оперативную часть плана по локализации и ликвидации аварийных ситуаций уровня «А».

ПЛАС уровня «Б» разрабатывается для руководства действиями:

- Производственного персонала цеха;

- Членов аварийно-спасательных формирований, пожарных и медицинских подразделений, а также персонала смежных или технологических связанных цехов по локализации и ликвидации аварийных ситуаций, а также спасению и выводу людей из зоны поражения, так и потенциально опасных зонах.

ПЛАС на уровне «Б» должен включать:

1. Блок-схему технологического объекта.

2. Оперативную часть плана по локализации и ликвидации аварийных ситуаций уровня «Б».

3. Ситуационный план.

Также ПЛАС должен содержать:

Приложение 1. Список и схема оповещения должностных лиц, аварийно-спасательных формирований, организаций и служб, ответственных за выполнение мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций, с указанием адресов и телефонов.

Приложение 2. Список инструмента, материалов, приспособлений и средств индивидуальной защиты.

Приложение 3. Табель технического оснащения нештатного аварийно-спасательного формирования (НАСФ), создаваемого из числа производственного персонала.

Приложение 4. Состав сил и средств, применяемых для локализации и ликвидации аварийных ситуаций НАСФ, ПАСФ (договора, аттестация АСФ).

Приложение 5. Обязанности ответственного руководителя работ, исполнителей и других должностных лиц организации по локализации и ликвидации аварийных ситуаций.

Приложение 6. Инструкцию по безопасности остановке технологического процесса.

Расчетно-пояснительная записка к ПЛАСУ должна содержать:

Исходные данные.

1. Краткую характеристику объекта

2. Блок-схему производства.

Раздел 1. «Технология и аппаратурное оформление блока».

Раздел 2. «Анализ опасности технологического блока».

Раздел 3. «Выводы и предложения».

Раздел 4. «Список использованных методических материалов и справочной литературы».

ПЛАС подлежит экспертизе в соответствии с «Порядком осуществления экспертизы промышленной безопасности планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных, пожароопасных и химически опасных производственных объектах и требования к оформлению заключения данной экспертизы» РД -13 – 02 – 2006. (утв. Приказом Госгортехнадзора России от 15.11.2006 г. №1005.

### **2.1.5 Экспертиза промышленной безопасности**

Под экспертизой промышленной безопасности понимается деятельность, направленная на установление соответствия объектов экспертизы требованиям промышленной безопасности, предусмотренным №116 – ФЗ, другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ, а также нормативными техническими документами в порядке, установленном «Правилами проведения экспертизы промышленной безопасности» ПБ 03-246-98, утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 06.11.1998 г. №64, зарегистрированы в Минюсте России от 18.12.98 г. № 1656.

Целью проведения экспертизы промышленной безопасности является определение достаточности разработанных и (или) реализованных мер по обеспечению требований промышленной безопасности.

Экспертизе промышленной безопасности подлежат (ст.13 №116 – ФЗ):

- а) проектная документация на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта;
- б) технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте;
- в) здания и сооружения на опасном производственном объекте;
- г) декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в составе проектной документации на расширение, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию опасного производственного объекта, и иные документы (ПЛАС, технологический регламент и др.), связанные с эксплуатацией опасного производственного объекта.

Результатом осуществления экспертизы промышленной безопасности является заключение, представленное в Ростехнадзор, или в его территориальный орган и рассмотренное и утвержденное ими в установленном порядке.

## **2.2 Безопасность производств на стадиях проектирования и строительства предприятий.**

### **2.2.1 Состав и содержание проектной документации.**

Проектирование – разработка комплексной технической документации (проекта), содержащей технико-экономические обоснования, расчеты, чертежи, макеты, схемы, пояснительные записки и другие материалы, необходимые для строительства (реконструкции) населенных мест, предприятий, зданий, сооружений, производств, оборудования, изделий и т.п.

Задачи проектирования объектов производственного назначения весьма обширны, сложны и многообразны, особенно если принять во внимание масштабы современного производства, сложность технологических процессов и оборудования, требования, предъявляемые к выпускаемой товарной продукции, экономичности, себестоимости и в особенности повышения уровня охраны труда и промышленной безопасности.

В Российской Федерации проектирование объектов производственного назначения осуществляется в соответствии с «Положением о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию» [73].

Настоящее Положение устанавливает состав разделов проектной документации и требования к содержанию этих разделов:

- а) при подготовке проектной документации объектов капитального строительства;
- б) при подготовке проектной документации в отношении отдельных этапов строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства.

#### **Задание на проектирование**

Основным документом, регулирующие правовые и финансовые отношения, взаимные обязательства и ответственность сторон, является договор (контракт), заключенным заказчиком и привлекаемыми им для разработки проектной документации проектными, проектно-строительными организациями, другими юридическими и физическими лицами. Неотъемлемой частью договора

(контракта) в соответствии с СНиП 11-01-85 должно быть задание на проектирование.

В задание на проектирование должна быть обоснована правильность выбора площадки для строительства, выбора сырьевых энергетических баз, источников снабжения водой и топливом и должен быть разработан схематический генеральный план предприятия. На основании подсчетов по укрупненным измерителям в задании на проектирование определяется стоимость всего строительства технико-экономические показатели.

Рекомендуемый состав и содержание задания на проектирование для объектов производственного назначения следующий:

основание для проектирования

вид строительства

стадийность проектирования

требования по вариантной и конкурсной разработке

особые условия строительства

основные технико-экономические показатели объекта, в том числе мощность, производительность, производственная программа.

требования к качеству конкурентоспособности экологическим параметрам продукции

требования к архитектурно-строительным, объемно-планировочным и конструктивным решениям

требования к технологии, режиму предприятия.

### **Исходные материалы для проектирования**

Вместе с заданием на проектирование заказчик выдает проектной организации исходные материалы в соответствии с [74].

Исходные данные должны включать следующие разделы:

- введение;
- общие сведения о проблеме;
- перспективы производства и потребления;
- патентный формуляр;
- характеристика производимой продукции;
- характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов;
- физико-химические и теплофизические свойства сырья, промежуточных, побочных и конечных продуктов и отходов производства;
- химизм, физико-химические основы технологических процессов, в том числе по переработке отходов производства;
- описание технологического процесса и схемы;
- материальный баланс;
- расходные коэффициенты сырья и вспомогательных материалов;
- данные для расчета выбора основного технологического оборудования, технические проекты или технические задания на нестандартное оборудование;
- рекомендации по автоматизации и управлению технологическим процессом;
- аналитический контроль производства;

- рекомендации по охране окружающей среды и утилизации отходов производства;

- рекомендации по безопасной эксплуатации производства и охране труда;

Состав исходных данных определяется предприятием-заказчиком с привлечением, как правило, предприятия-разработчика проекта.

## 2.2.2 Разработка комплексных мероприятий по обеспечению безопасности в проектных решениях

В соответствии с [75] на всех этапах проектирования должны предусматриваться мероприятия по обеспечению промышленной безопасности, предупреждению и локализации их последствий с необходимыми обоснованиями и расчетами. Следовательно, при проектировании любого производства с учетом современных требований подлежат разработке и разрешению не только экономические, технические и организационные задачи, но и мероприятия по обеспечению охраны труда и промышленной безопасности, которые тесно между собой связаны и требуют комплексного решения.

Практика проектирования предприятий показывает, что разработка мероприятий по обеспечению безопасности имеет свое начало на стадии выбора места (площадки) для строительства проектируемого производства. В этой связи для разработки проекта с учетом обеспечения безопасности объекта необходимы следующие исходные данные, относящиеся к месту застройки, получаемые в результате обследования:

1) сведения, характеризующие строительный участок: данные о его размерах, об исследовании грунта при помощи скважин на глубину не менее 10 метров, о его геологических разрезах;

2) сведения о рельефе местности, о затопляемости от разлива рек, о грунтовых водах, о глубине промерзания, о направлении и силе ветров (розы ветров), о климатических условиях;

3) сведения о канализации и о спуске сточных, хозяйственных, промышленных, атмосферных и грунтовых вод;

4) сведения о близлежащих населенных пунктах и близлежащих промышленных предприятий.

### Санитарная классификация производств

Выбор участка строительства производится с учетом того, что между промышленными предприятиями и жилыми районами должна быть санитарно-защитная зона, т.е. разрыв, служащий для предохранения населения, окружающей местности от дыма, вредных газов, копоти, пыли шума.

Как правило, размеры санитарно-защитных зон существенно превышают расстояния, определяемые по противопожарным нормам.

В зависимости от выделяемых вредностей и условий технологического процесса промышленные предприятия разделяют на следующие пять классов [76]:

Таблица 2.0 – Классификация предприятий

Класс	I	II	III	IV	V
Ширина санитарно-защитной зоны, м	1000	500	300	100	50

Санитарно-защитные зоны устанавливаются для следующих производств:



- 1) промышленные предприятия:
  - химические производства;
  - металлургические, машиностроительные металлообрабатывающие предприятия и производства;
  - горнодобывающие производства;
  - строительные производства;
  - деревообрабатывающие производства;
  - текстильные производства и производства легкой промышленности;
  - микробиологические производства.
- 2) предприятия по производству электрической и тепловой энергии при сжигании минерального топлива;
- 3) сельскохозяйственные производства и объекты;
- 4) сооружения санитарно-технические, транспортной инфраструктуры, объекты коммунального назначения, спорта, торговли;
- 5) склады, причалы и места перегрузки и хранения грузов, производства фумигации грузов и судов, газовой дезинфекции, дератизации и дезинсекции;
- 6) канализационные очистные сооружения;
- 7) наземные магистральные газопроводы, не содержащих сероводород;
- 8) трубопроводы для сжиженных углеводородных газов;
- 9) компрессорные станции;
- 10) газопроводы низкого давления;
- 11) магистральные трубопроводы для транспортирования нефти;
- 12) нефтеперекачивающие станции;
- 13) помещения (сооружения) для содержания и разведения животных.

В санитарно-защитной зоне не допускается размещение объектов для проживания людей. Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не могут рассматриваться как резервная территория и использоваться для расширения промышленной или жилой территории без соответствующей обоснованной корректировке границ санитарно-защитной зоны.

Таким образом, на стадии проектирования, при выборе территории предприятия должны быть приняты меры к созданию нормальных условий для прилегающих к предприятию объектов и населенных пунктов.

### **Составление генеральных планов предприятий**

От правильного выбора территории и расположения на ней зданий и сооружений в значительной мере зависит безопасность всего предприятия.

Производства, выделяющие вредные газы, пары, пыль, и производства, для которых характерна возможность возникновения пожара и взрыва необходимо располагать преимущественно с подветренной стороны, учитывая при этом направление и интенсивность (розу ветров) в теплый период времени.

Планировка площадок предприятия должна обеспечить наиболее благоприятные условия для производственного процесса и организации безопасного труда, рациональное использование земельных участков и наибольшую эффективность капитальных вложений.

Рациональные и экономические решения генерального плана достигаются при соблюдении следующих архитектурно-планировочных принципов:

1) зонирование территории по функционально-технологическому признаку, по величине грузооборота, по степени трудоемкости или насыщенности рабочими местами, по составу и уровню выделения производственных вредностей, по степени взрывопожароопасности;

2) разделение людских и грузовых потоков;

3) блокирование (объединение) зданий и сооружений;

4) принцип модульной координации;

5) обеспечение очередности застройки и перспективного развития предприятия.

Промышленное предприятие состоит из группы объектов основного производства, обслуживания производства и обслуживания трудящихся. Здания, входящие в ту или иную группу, целесообразно располагать в одной зоне, исходя из принципа зонирования территории предприятия по функционально-технологическому признаку.

Площадку предприятия, как правило, делят на предзаводскую, производственную, складскую, подсобную зоны, правильное расположение которых является основной целесообразного построения генерального плана.

Производственная зона служит для размещения основных и подсобно-производственных зданий, занимает большую часть территории предприятия и, как правило, формируется наиболее крупными объектами. Производственную зону обычно располагают в центральной части площадки. В пределах этой зоны производственные здания и сооружения размещают исходя из технологических взаимосвязей с учетом характера выделяемых вредностей, пожаро- и взрывоопасности производств, видов используемого транспорта. В производственной зоне могут быть расположены цеховые административно-бытовые здания.

Складская зона включает склады сырья, полуфабрикатов, комплектующих изделий, готовой продукции. Складскую зону, в следствие большого грузооборота, размещают на значительном удалении от предзаводской зоны, вблизи вводов грузового транспорта.

В том случае, если в состав предприятия входит одно производственное здание, зонирование не теряет своего значения и осуществляется в пределах здания с учетом определенной последовательности размещения и ориентации отдельных помещений административно-бытового, производственного, подсобного и складского назначения.

Зонирование по составу и уровню выделения производственных вредностей осуществляется для уменьшения неблагоприятных воздействий на работающих, на проживающих в близрасположенных жилых районах и на окружающую природную среду. Производства, выделяющие в атмосферу газы, копоть, пыль, дым и шумные цеха следует располагать на наибольшем удалении от входной зоны предприятия, от наиболее многолюдных цехов, от участков, предназначенных для отдыха. Необходимо учитывать так же направление господствующих ветров, размещая источники вредностей с подветренной стороны.

Зонирование по величине грузооборота производится с целью разработки оптимальной схемы грузопотоков на территории предприятия. Объекты с наибольшим грузооборотом и прежде всего здания и сооружения складского назначения следует располагать по возможности с тыльной стороны площадки, вблизи вводов грузового транспорта.

В соответствии с зонированием по степени трудоемкости или насыщенности рабочими местами трудоемкие цеха с наибольшим числом работающих желательнее располагать вблизи входной зоны предприятия, а менее трудоемкие – в глубине территории.

Предзаводская зона, как правило, располагается вне основной производственной территории со стороны главных подъездов и подходов, работающих на предприятии. На предзаводской площади часто располагаются здания административно-бытового назначения (заводоуправление, лабораторные корпуса, столовая, общественные и учебные центры и другие общественные здания). На предзаводской площади устраивают вход на предприятие, оборудованной контрольно-пропускным пунктом или проходной. В зависимости от размера территории предприятия может быть запланировано несколько проходных пунктов, размещенных на расстоянии не более 1,5 км друг от друга.

Таким образом, в целях наиболее экономичных и безопасных решений проектами строительства предприятий предусматривается:

1) обеспечение безопасных расстояний от границ территории предприятия до жилых, общественных зданий и соседних предприятий за счет санитарно-строительных зон;

2) объединение (блокировка) зданий и сооружений по функциональному назначению;

3) соблюдение противопожарных разрывов между производственными зданиями и сооружениями;

4) установление требований взрыво- и пожарной безопасности, направленных на предотвращение возможности возникновения пожара и взрыва и обеспечение защиты людей и имущества в случае их возникновения в помещениях, зданиях на наружных установках.

Основные положения обеспечения взрыво- и пожарной безопасности производств на стадиях проектирования с учетом действующей нормативно-технической документации рассмотрены ниже.

### **2.2.3 Категорирование технологических процессов, помещений, зданий и наружных установок на стадии проектирования производств**

При объемно-планировочных решениях на этапе проектирования производств важную роль играет разработка эффективных мер по предупреждению взрывов и пожаров, т.е. выбор степени огнестойкости зданий и сооружений, устройств инженерных сооружений, специальных противопожарных устройств и т.п.

Для этой цели в технологической части проекта устанавливается:

1) группы по уровню пожарной опасности технологических процессов;

2) категории помещений, зданий и открытых сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности;

3) классы пожароопасных и взрывоопасных зон и помещений для выбора электротехнического оборудования.

### **Критерии категорирования технологических процессов по уровню пожарной опасности**

Классификация технологических процессов производственных объектов по уровню пожарной опасности исходит из Федерального Закона Российской Федерации № 116-ФЗ [11]. В преамбуле Закона подчеркивается, что он направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций, эксплуатирующие опасные производственные объекты к локализации и ликвидации последствий указанных аварий.

В соответствии с [18] по уровню пожарной опасности технологии и технологические процессы разделяются на две группы:

- первая группа – технологические процессы повышенной опасности, в которой обращаются пожароопасные вещества в количестве равном или большем порогового значения [18] п.4.2, табл.1;

- вторая группа – технологические процессы, в которых обращаются пожароопасные вещества в количестве меньшем порогового значения.

Оценки пожарной безопасности технологических процессов повышенной пожарной опасности осуществляется в следующей последовательности:

1) формирование задачи и граничных условий исследуемой пожарной ситуации технологического процесса, выбор используемых математических зависимостей;

2) выбор нормируемых критериев пожарной безопасности технологических процессов: индивидуального риска, социального риска или регламентированных параметров пожарной опасности технологических процессов, таких как предельное избыточное давление, предельная интенсивность теплового излучения, предельная доза теплового излучения на человека «огненным шаром»;

3) построение графической модели пожарной ситуации на исследуемом участке технологического процесса, нанесение зон поражения на генеральном плане предприятия вокруг наружной технологической установки;

4) выполнение расчетов по определению значений индивидуального и социального риска по методикам [18] в соответствии с поставленной задачей;

5) сравнение расчетных и нормируемых ГОСТом значений индивидуального и социального риска, формирование вывода о достаточности мер пожарной безопасности исследуемого (проектируемого) технологического процесса.

### **Критерии категорирования по взрывоопасной и пожарной опасности**

На этапе проектирования всегда стоит вопрос, какие технологические решения и в каком объеме необходимо предусматривать для обеспечения пожарной безопасности. В связи с этим возникает необходимость классификации помещений, зданий и наружных технологических установок, т.е. объединение их в отдельные категории по взрывопожарной и пожарной опасности. И уже в зависимости от категории нормативные документы [77,78] предусматривают тот необходимый объем технических решений, который обеспечит в должной сте-

пени пожарную безопасность как отдельно взятых помещений, установок, так и производства в целом.

Таким образом, система категорирования в составе проекта (устанавливается в технологической части проекта) позволяет прежде всего определить уровень пожарной опасности помещений, зданий и технологических установок, и наряду с этим делает возможность установить оптимальное соотношение между безопасностью производства и размером капитальных и эксплуатационных затрат.

Согласно [79] все помещения производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на:

- взрывопожароопасные помещения, относящиеся к категориям А и Б;
- пожароопасные помещения, относящиеся к категориям В1, В2, В3 и В4;
- помещения, относящиеся к категориям Г и Д.

При категорировании помещений по взрывопожарной и пожарной опасности учитывается:

- 1) агрегатное состояние обращающихся веществ и материалов;
- 2) взрывопожароопасные свойства горячих веществ и материалов (температура вспышки жидкостей, возможность веществ взрываться или гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);
- 3) количество взрывопожароопасных веществ, выражаемое в избыточном давлении взрыва  $\Delta P$  или величине удельной пожарной нагрузки  $g$ ;
- 4) особенность технологии (сжигание веществ, плавление и т.п.).

Исходя из выше указанных положений, категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимают в соответствии с таблицей 2.3. При этом необходимо последовательно проверять принадлежность помещения к указанным категориям, считая от высшей (А) до низшей (Д).

Определив категорию каждого помещения, находящегося в производственном или складском здании, приступают к следующему этапу – определяют категорию всего здания в целом. Особенности категорирования производственных и складских зданий по взрывопожарной и пожарной опасности рассматриваются с использованием таблицы 2.2.

Таблица 2.1 - Условия определения категории помещения в зависимости от агрегатного состояния веществ, их пожаровзрывоопасных свойств, избыточного давления взрыва и особенности технологии.

№ п/п	Характеристика веществ и материалов	Категории помещений и основные факторы их определяющие				
		А	Б	В1-В4	Г	Д
1	Горючие газы	$\Delta P \leq 5$ к Па		$\Delta P \leq 5$ к Па	Сжигаются или утилизируются в качестве топлива	
2	ЛВЖ с $t \leq 28^\circ \text{C}$	$\Delta P \leq 5$ к Па		$\Delta P \leq 5$ к Па		
3	ЛВЖ с С		$\Delta P \leq 5$ к Па	$\Delta P \leq 5$ к Па		
4	Горючие жидкости		$\Delta P \leq 5$ к Па	$\Delta P \leq 5$ к Па	Сжигаются или утилизируются в качестве топлива	
5	Трудногорючие жидкости			+		
6	Твердые горючие вещества и материалы			Не используются как топливо	Сжигаются или утилизируются в качестве топлива	
7	Твердые трудногорючие вещества и материалы			+		
8	Горючие пыли и волокна		$\Delta P \leq 5$ к Па	$\Delta P \leq 5$ к Па		
9	Вещества взаимодействующие с водой, кислородом воздуха и друг с другом		$\Delta P \leq 5$ к Па	Только горят		
10	Негорючие вещества и материалы				В горячем, раскаленном или расплавленном состоянии	В холодном состоянии

Таблица 2.2 - Условия определения категорий зданий по взрывопожарной и пожарной опасности\*

Категория здания	Условия принадлежности здания к той или иной категории	Условия, при которых возможно понижение категории
А	$F_A > 5\%$ $F_A > 200$	$F_A \leq 25\%$ $F_A \leq 1000$ Наличие АУПТ в помещениях категории А.
Б	Здание не относится к категории А. $(F_A + F_B) \leq 5\%$ $(F_A + F_B) \leq 200$	$(F_A + F_B) \leq 25\%$ $(F_A + F_B) \leq 1000$ Наличие АУПТ в помещениях категории А и Б
В	Здание не относится к категории А и Б. $(F_A + F_B + F_V) \leq 5\%$ $F_V) \leq 10\%$ (при отсутствии помещений категории А и Б)	$(F_A + F_B + F_V) \leq 25\%$ $(F_A + F_B + F_V) \leq 3500$ Наличие АУПТ в помещениях категории А, Б и В
Категория здания	Условия принадлежности здания к той или иной категории	Условия, при которых возможно понижение категории
Г	Здание не относится к категории А, Б и В. $(F_A + F_B + F_V + F_G) \leq 5\%$	$(F_A + F_B + F_V + F_G) \leq 25\%$ $(F_A + F_B + F_V + F_G) \leq 5000$ Наличие АУПТ в помещениях категории А, Б и В
Д	Здание не относится к категории А, Б, В и Г	

\* $F_A, F_B, F_V, F_G$  – суммарные площади помещений, относящихся соответственно к категориям А, Б, В и Г.

$F_{зд}$  - суммарная площадь всех помещений в здании.

### Критерии категорирования наружных установок по пожарной опасности

Под наружной технологической установкой понимается комплекс аппаратов и технологического оборудования с несущими и ограждающими конструкциями, которые единым блоком располагаются вне зданий. По пожарной опасности все наружные технологические установки подразделяются на пять категорий [79]: АН, БН, ВН, ГН и ДН. Категории пожарной опасности наружных технологических установок определяются, исходя из количества и пожароопасных свойств, а также особенностей технологических процессов.

В основу категорирования наружных установок по пожарной опасности положены на два метода – вероятностный и детерминированный.

Вероятностный метод учитывает вероятность возникновения той или иной аварийной ситуации на рассматриваемой технологической установке, а также вероятность поражения человека избыточным давлением и тепловым излучением при реализации этой аварийной ситуации.

При использовании вероятностного метода для определения категорий наружных установок по пожарной опасности одним из основных критериев является величина индивидуального риска и принимаются в соответствие с требованиями таблицы. При этом необходимо последовательно проверять принадлежность наружной установки к указанным категориям, считая от высшей (АН) до низшей (ДН).

**Категорирование наружных установок по пожарной опасности с использованием критериев вероятностного метода**

Категорирование проводится по таблице 2.3.



Таблица 2.3 – Категорирование наружных установок

Категория наружной установки	Критерии принадлежности наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
АН	<p>Установка относится к категории АН если в ней обращаются:                      ЛВЖ с температурой вспышки не более <math>28^{\circ}\text{C}</math>                      Горючие газы                      Вещества и материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислорода воздуха или друг с другом                      при этом величина индивидуального риска <math>R_{\text{В}}</math> в случае возможного сгорания указанных веществ с образованием волн давления превышает <math>10^{-6}</math> в год на расстоянии 30 м от наружной установки.</p>
БН	<p>Установка относится к категории БН если в ней обращаются:                      ЛВЖ с температурой вспышки более                      Горючие жидкости                      Горючие пыли и волокна при этом величина индивидуального риска <math>R_{\text{В}}</math> в случае возможного сгорания пыле- и (или) паровоздушных смесей с образованием волн давления превышает <math>10^{-6}</math> в год на расстоянии 30 м от наружной установки.</p>
ВН	<p>Установка относится к категории ВН если в ней обращаются:                      Горючие трудногорючие жидкости                      Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна)                      Вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.                      При этом не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категории АН и БН и величина индивидуального риска <math>R_{\text{В}}</math> в случае возможного сгорания указанных веществ с образованием волн давления превышает <math>10^{-6}</math> в год на расстоянии 30 м от наружной установки.</p>
ГН	<p>Установка относится к категории ГН если в ней обращаются:                      Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени                      Горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива</p>
ДН	<p>Установка относится к категории ДН если в ней обращаются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям АН, БН, ВН, ГН</p>

Детерминированный метод категорирования наружных установок по пожарной опасности, в отличие от вероятностного, более прост в аналитическом оформлении, поскольку не требует предварительного сбора статистических данных и вероятностных расчетов, которые могут вызвать определенные затруднения. Этот метод основан на количественной оценке потенциально возможного выделения энергии при аварийной разгерметизации технологического оборудования.

В основу категорирования наружных установок детерминированным методом используются большинство положений, которые используются при категорировании вероятностным методом за исключением того, что при категорировании наружных установок с использованием детерминированного метода вводятся дополнительные критерии:

- горизонтальный размер зоны, ограничивающий газопаровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества ниже концентрационного предела распространения пламени;

- интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт/с.

В зависимости от этих и некоторых рассмотренных ранее критериев категории наружных установок при использовании детерминированного метода необходимо принимать в соответствии с требованиями таблицы 2.4. При этом, как и в случае с вероятностным методом, необходимо последовательно проверять принадлежность наружной установки к указанным критериям, считая от высшей (АН) до низшей (ДН). Таблица 2.4 - Категорирование наружных установок по пожарной опасности с использованием критериев детерминированного метода

Категория наружной установки	Критерии принадлежности наружной установки к той или иной категории по пожарной опасности
АН	<p>Установка относится к категории АН, если в ней обращаются:</p> <p>ЛВЖ с температурой вспышки не более 28°С</p> <p>Горючие газы</p> <p>Вещества и материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислорода воздуха или друг с другом при этом величина расстояния составляет более 30 м и расчетное избыточное давление <math>\Delta P</math> при сгорании газопаровоздушных смесей на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа</p>
БН	<p>Установка относится к категории БН, если в ней обращаются:</p> <p>ЛВЖ с температурой вспышки более</p> <p>Горючие жидкости</p> <p>Горючие пыли и волокна</p> <p>при этом величина расстояния (используется в качестве критерия только для горючих газов и паров) составляет более 30 м и расчетное избыточное давление <math>\Delta P</math> при сгорании газопаро- или пылевоздушных смесей на расстоянии 30 м от наружной установки превышает 5 кПа</p>
ВН	<p>Установка относится к категории ВН, если в ней обращаются:</p> <p>Горючие трудногорючие жидкости</p> <p>Твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна)</p> <p>Вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть. при этом не реализуются критерии, позволяющие отнести установку к категориям АН и БН и интенсивность теплового излучения <math>q</math> при сгорании указанных веществ и материалов превышает 4 кВт/м<sup>2</sup> на расстоянии 30 м от наружной установки.</p>
ГН	<p>Установка относится к категории ГН, если в ней обращаются:</p> <p>Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени</p> <p>Горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива</p>
ДН	<p>Установка относится к категории ДН, если в ней обращаются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии и по перечисленным выше критериям она не относится к категориям АН, БН, ВН, ГН.</p>

### **Критерии выбора пожаро- взрывозащищенного электрооборудования.**

Устройство электрооборудования в производственных помещениях и для наружных технологических установок регламентируется [15,80,81].

На основании указанных документов, взрывоопасные зоны подразделяются на классы 0,1,2, в зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной газовой смеси.

Зона класса 0 - зона, в которой взрывоопасная газовая среда присутствует постоянно или в течение длительных периодов времени.

Зона класса 1 – зона, в которой существует вероятность присутствия взрывоопасной газовой среды в нормальных условиях эксплуатации.

Зона класса 2 – зона, в которой присутствие взрывоопасной газовой смеси в нормальных условиях эксплуатации маловероятно или она возникает редко и на непродолжительное время.

### **Обеспечение безопасности технологических процессов на стадии проектирования производств**

1. Проектной организацией производится разделение технологической схемы на отдельные блоки и оценка энергетического уровня каждого технологического блока, определяется расчетом категории его взрывоопасности [12], делается обоснование эффективности и надежности мер и технических средств защиты, их способность обеспечить взрывобезопасность данного блока и целом всей технологической системы.

2. Для каждой технологической системы на стадии проектирования должны предусматриваться меры по максимальному снижению взрывоопасности технологических блок, входящих в нее:

- предотвращение взрывов о пожаров внутри технологического оборудования;

- защита технологического оборудования от разрушения и максимальное ограничение выброса из него горючих веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации;

- исключение возможности взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок;

- снижение тяжести последствий взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок;

3. Разработчиком технологического процесса, на основании данных о критических значениях параметров, устанавливаются регламентированные значения параметров. Способы и средства приводятся в исходных данных на проектирование, а также в проектной документации и технологическом регламенте на производство.

4. В проекте предусматриваются условия взрывопожаробезопасного проведения технологического процесса, которые обеспечиваются:

- рациональным подбором взаимодействующих компонентов исходя из условия максимального снижения или исключения образования взрывоопасных смесей или продуктов (устанавливается разработчиком процесса);

- введением в технологическую среду при необходимости, устанавливаемую его разработчиком, исходя их физико-химических условий процесса дополнительных веществ: инертных разбавителей-флегматизаторов, веществ, приводящих к образованию инертных разбавителей или препятствующих обра-

зованию взрывопожароопасных смесей (устанавливаются разработчиком процесса);

- рациональным выбором гидродинамических характеристик процессов (способов и режима перемещения среды и смешения компонентов, напора, скорости потока), теплообменных характеристик (теплого напора, коэффициента теплопередачи, поверхности теплообмена), а также геометрических параметров аппаратов и т.п. (устанавливается разработчиков процесса и проекта).

5. Для обеспечения взрывоопасности технологической системы при пуске в работу или остановке оборудования (аппаратов, участков трубопроводов) предусматриваются специальные меры (в том числе продувка инертными газами), предотвращения образования в системе взрывоопасных смесей.

В проектной документации разрабатываются с учетом особенностей технологического процесса и регламентируются режимы и порядок пуска и остановки оборудования, способы его продувки инертными газами, исключая образование застойных зон.

6. Управление системами подачи инертных газов и флегматизирующих добавок осуществляется дистанционно (вручную или автоматически) в зависимости от особенностей проведения технологического процесса.

Для производств, имеющие в своем составе технологические блоки I и II категории взрывоопасности, предусматривается автоматическое управление подачей инертных сред;

Для производств с технологическими блоками III категории – управление дистанционное, неавтоматическое, а при энергетическом потенциале блока  $\leq 10$  допускается ручное управление по месту.

7. Предусматривается оснащение технологических систем средствами контроля за параметрами, определяющими взрывоопасность процесса регистрации показаний и предаварийной (а при необходимости - предупредительной) сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты. Системой противоаварийной автоматической защиты, как правило, включается в общую систему управления технологическим процессом. Формирование сигналов для ее срабатывания должны базироваться на регламентированных предельно допустимых значений параметров, определяемых свойствами обращающихся веществ и характером процесса.

8. Для систем противоаварийной аварийной защиты объектов, имеющих в своем составе технологические блоки I и II категории взрывоопасности, предусматривается применение микропроцессорной и вычислительной техники, а для объектов с блоками III категории взрывоопасности достаточно применение микропроцессорной техники.

9. Технологические процессы не должны проводится при критических значениях параметров, в том числе в области взрываемости. В случае обоснованной необходимости проведения процесса в области критических значений (области взрываемости) в проекте должны предусматриваться методы и средства, исключаящие наличие или предотвращение возникновения источников инициирования взрыва внутри оборудования (искры механического электрического

происхождения, нагретые тела и поверхности и др.) с энергией или температурой, превышающей минимальную энергию или температуру зажигания для обрабатываемых в процессе продуктов.

10. При разработке мероприятий по предотвращению взрывов и пожаров в объеме зданий и сооружений должны учитываться требования пожарной безопасности.

11. Для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывопожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы в проекте предусматривается:

- для технологических блоков I категории взрывоопасности – установка автоматических быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств с временем срабатывания не более 12 с.;

- для технологических блоков II и III категории взрывоопасности – установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 с.;

- для блоков с относительным значением энергетического потенциала  $Q_{в} \leq 10$  допускается установка запорных устройств с ручным приводом, при этом предусматривается минимальное время приведения их в действие за счет рационального размещения (максимально допустимого приближения к рабочему месту оператора), но не более 300 с.

12. Для технологических блоков всех категорий взрывоопасности и (или) отдельных аппаратов, в которых обращаются взрывоопасные продукты, предусматриваются (в проекте) системы аварийного освобождения, которые комплектуются запорными быстродействующими устройствами.

13. Срабатываемые горючие газы и мелкодисперсные материалы должны направляться (в соответствии с проектом) в закрытые системы для дальнейшей утилизации или в системе организованного сжигания. Исключение может составлять чистый водород. Не должно допускаться (проектом) объединение газовых выбросов, содержащих вещества, способные при смешивании образовывать взрывоопасные смеси или нестабильные соединения.

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

14. Насосы, применяемые для нагнетания сжиженных горючих газов, ЛВЖ (в соответствии с проектом), должны оснащаться:

- блокировками, исключающими пуск или прекращающими работу насоса при отсутствии перемещаемой жидкости в его корпусе отключения насоса при отсутствии перемещаемой жидкости в его корпусе отключения насосов при отклонениях ее уровней в приемлемой и расходной емкостях от предельно допустимых значений;

- средствами предупредительной сигнализации при достижении опасных значений параметров в приемлемых и расходных емкостях.

15. Премещение сжиженных горючих газов, ЛВЖ методом передавливания осуществляется с помощью инертных газов; для сжиженных газов допускается их передавливание собственной газовой фазой, а для ЛВЖ и горючих жидкостей (ГЖ) при соответствующем обосновании (в проекте) – горючими газами.

16. Для непрерывных процессов смешения веществ, взаимодействие которых может привести к развитию неуправляемых экзотермических реакций, в проекте указывается безопасные объемные скорости дозирования этих веществ, разрабатываются эффективные методы отвода тепла, предусматриваются средства автоматического контроля, регулирования процессов, противоаварийной защиты и сигнализации.

17. Выбор оборудования осуществляется в соответствии с исходными данными на проектирование, требованиям действующих нормативных документов. Размещение технологического оборудования, трубопроводной арматуры и т.д. в производственных зданиях и на открытых площадках должны обеспечить удобства и безопасность их эксплуатации, возможность проведения ремонтных работ и принятия оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций или локализации аварий.

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

19. В проектной документации для технологических блоков всех категорий взрывоопасности на ряду с установками защиты по опасным параметрам указываются границы критических значений параметров.

20. Процессы, имеющие в своем составе объекты с технологическими блоками I категории взрывоопасности, должны оснащаться, как правило, автоматическими системами управления на базе электронных средств контроля и автоматизации, включая средства вычислительной техники. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) на базе средств вычислительной техники должны соответствовать требованиям технологического задания на проектирование.

21. Помещения управления (операторные) и анализаторные помещения должны быть, как правило, отдельно стоящими и находиться вне взрывоопасной зоны.

22. Для вновь проектируемых взрывопожароопасных объектов необходимо обеспечить следующие требования:

- здания, в которых расположены помещения управления (операторные), должны быть устойчивыми к воздействию ударной волны, обеспечивать безопасность находящегося в них персонала и иметь автономные средства обеспечения функционирования систем контроля, управления, противоаварийной автоматической защиты для перевода технологических процессов в безопасное состояние в аварийной ситуации;

- административные и другие непромышленные здания, в которых предусмотрено постоянное пребывание людей, должны сохранять устойчивость при воздействии ударной волны, возникающей при аварийных взрывах на технологических установках.

23. Объекты, имеющие в своем составе технологические блоки всех категорий взрывоопасности оборудуются системами двухсторонней громкоговорящей и телефонной связи.

24. Для систем аварийной вентиляции предусматривается их автоматическое включение при срабатывании установленных в помещении сигнализаторов до взрывных концентраций.

#### **Требования к проектированию опасного производственного объекта**

Требования к проектированию опасного производственного объекта (ОПО) регламентированы Федеральным Законом № 166-ФЗ от 21.07.1997 г. (статья 8) и ПБ 03-517-02 (раздел III), РД 09-539-03 (раздел 3.1) и др.

В соответствии с указанными и другими документами к проектированию ОПО предъявляются следующие основные требования:

1) при проектировании обеспечиваются контроль качества проектной документации и авторский надзор за соблюдением проектных решений в процессе строительства производственных объектов;

2) в проектной документации предусматриваются мероприятия по предупреждению аварий и локализации их последствий, как на самом проектируемом объекте, так и в результате аварий на других объектах в районе размещения проектируемого объекта. При разработке данных мероприятий учитываются источники опасности, факторы риска, условия возникновения аварий и их сценарии, численность и размещение производственного персонала;

3) для ОПО, для которого Федеральным Законом № 116-ФЗ (ст.14) установлена обязательность разработки декларации промышленной безопасности, в составе проектной документации разрабатывается декларация промышленной безопасности. В составе проекта разрабатывается, уточняется и проходит экспертизу промышленной безопасности в соответствии с нормативными правовыми актами Ростехнадзора;

4) проектная документация и изменение, вносимые в нее, подлежат экспертизе промышленной безопасности в соответствии с правилами проведения экспертизы промышленной безопасности, установленными органами надзора;

5) по обогащению заказчика или лица, представляющего его интересы исходные данные для разработки проектной документации рассматриваются органами надзора на соответствие требованиям промышленной безопасности, достижением научно-технологического процесса в области новых технологий процессов, оборудования и материалов;

6) одним из обязательных условий принятия решения о начале расширения, технологического перевооружения, консервации и ликвидации ОПО является наличие положительного заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденного органами надзора.



## **Требования к строительству опасного производственного объекта**

Требования к строительству опасного производственного объекта регламентируются Федеральным Законом № 116-ФЗ от 21.07.1997 г. (ст. 8) и ПБ 03-517-02 (раздел IV).

Решение о начале строительства объекта принимается при наличии положительного результата заключения экспертизы промышленной безопасности проектной документации, утвержденное Ростехнадзором и экспертизы проекта в целом, утвержденного Госстроем России.

В процессе строительства не допускается отклонения от проектной документации, обеспечивается контроль качества строительных и монтажных работ, а также контроль состояния технической базы и технических средств строительства и монтажа.

По окончании строительства производится приемка ОПО в эксплуатацию. В ходе приемки ОПО в эксплуатацию контролируются:

- соответствие выполненных работ проектным решениям по обеспечению промышленной безопасности;
- проведение испытаний технических средств и оборудования, обеспечивающих предупреждение аварий и локализацию их последствий, соответствие испытаний по утвержденной программе;
- готовность персонала и аварийно-спасательных служб к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий.

Для пуско-наладочных работ разрабатывается специальная технологическая документация, предусматривающая необходимые меры безопасности.

По результатам приемки объекта к эксплуатации составляется соответствующая документация на разрешение к пуску производства.

## **2.3 Основы безопасности при разработке технологического процесса**

### **2.3.1. Выбор способа производства и схемы технологического процесса как средство безопасности**

Безопасность эксплуатации современных пожаро- и взрывоопасных производств (особенно химического комплекса) неразрывно связана с технологией и организацией технологического процесса. Поэтому выбор метода производства, разработку схемы технологического процесса (в лаборатории, на опытных установках, при проектировании) и аппаратное оформление, размещение оборудования, внедрение средств механизации и автоматизации, организацию рабочих мест необходимо осуществлять с учетом обеспечения всех условий безопасного труда, исключения различного рода вредных влияний на окружающую среду.

При выборе способа производства встречаются трудности, связанные с условиями его промышленного освоения. Например, многие реакции окисления, нитрования, хлорирования, сульфирования, полимеризации и др. являются экзотермическими. При повышении температуры и недостаточном отводе тепла скорость реакции нарастает лавинообразно, вплоть до взрыва. С повышении-

ем температуры может измениться направление реакции и увеличиться выход взрывоопасных побочных продуктов.

В ряде случаев при переработке веществ, обладающих опасными свойствами, типовые технологические процессы заменяются более безопасными. Так, например, известно, что удаление влаги из азотнокислых эфиров целлюлозы (нитроцеллюлозы) путем нагревания (сушки) опасно даже в вакууме. Поэтому воду вытесняют спиртом, избыток которого затем отжимают в центрифугах.

В производствах органических красителей, ускорителей для вулканизации каучуков и других высокодисперсных порошкообразных веществ, обладающих токсичными свойствами, операции сушки, размалывания и просеивания, связанные с пылением, заменяют мокрым помолом с последующим вытеснением воды органическими смачивателями.

Технологический процесс – совокупность физико-химических и физико-механических превращений веществ и изменение значений параметров материальных сред, целенаправленно проводимых в аппарате (системе взаимосвязанных аппаратов, агрегате, машине и т.д.).

При разработке технологического процесса различают следующие значения параметров:

1. предупредительное значение параметра – значение параметра на границе регламентных (допустимых) значений параметра технологического процесса;
2. опасное значение параметра – значение параметра, вышедшее за пределы регламентного и приближающееся к предельному допустимому значению;
3. предельно допустимые значения параметра на величину, равную сумме ошибки его экспериментального или расчетного определения и погрешности средств измерения, процесс и противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ).

Разработчик процесса – предприятие или организация, осуществляющая разработку исходных данных на проектирование технологического процесса, основанных на научно-исследовательских и опытных работах.

Способы и средства, исключаящие выход параметров за установленные пределы, приводятся в проектной документации и технологическом регламенте на производство.

### 2.3.2 Соблюдение стандартов и правил как средство безопасности

Технологические процессы организуются так, чтобы исключить возможность взрыва в системе при регламентных значениях их параметров. Регламентные значения параметров изменений, организация проведения процесса (аппаратное оформление и конструкция технологических аппаратов, фазовое состояние обращающихся веществ, гидродинамические режимы и т.п.) устанавливаются разработчиком процесса на основании данных о критических значениях параметров или их совокупности для участвующих в процессе веществ.

Для каждого технологического процесса определяется совокупность критических значений параметров.

Допустимый диапазон изменения параметров устанавливается с учетом характеристик технологического процесса.

Условия взрывопожаробезопасного проведения отдельного технологического процесса или его стадий обеспечиваются разработчиком процесса (в соответствии с ПБ 09 -540 - 03):

а) рациональным подбором взаимодействующих компонентов исходя из условий максимального снижения или исключения образования взрывопожароопасных смесей или продуктов;

б) выбором рациональных режимов дозирования компонентов, предотвращением возможности отклонения их соотношений от регламентированных значений и образования взрывоопасных концентраций в системе;

в) введением в технологическую среду при необходимости, дополнительных веществ: инертных разбавителей – флегматизаторов, веществ, препятствующих образованию взрывопожароопасных смесей;

г) рациональным выбором гидродинамических характеристик процесса (способов и режима перемещения среды и смешения компонентов, напора и скорости потока) и теплообменных характеристик (теплового напора, коэффициента теплоотдачи, поверхности теплообмена и т.п.), а также геометрических параметров аппаратов и т.п.;

д) применением флегматизирующих веществ, затрудняющих или исключаящих образование взрывоопасной смеси;

е) выбором значений параметров состояния технологической среды (состава, давления, температуры), снижающих её взрывопожароопасность;

ж) надежным энергообеспечением.

Технологические процессы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.002 – 75\* (СТ СЭВ 1728 - 89). «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности» и предусматривать:

- устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное воздействие;

- замену технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операци-

ями, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;

- комплексную механизацию, автоматизацию, применение дистанционного управления технологическими процессами и операциями при наличии опасных и вредных производственных факторов;
- герметизацию оборудования;
- применение средств защиты работающих;
- своевременное получение информации о возникновении опасных производственных факторов на отдельных технологических операциях;
- систему контроля и управления технологического процесса, обеспечивающего защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;
- своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источником опасных и вредных производственных факторов.

### **2.3.3 Взрывобезопасность производственных процессов**

Производственные процессы в соответствии с ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ. «Взрывобезопасность. Общие требования» должны разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном участке в течение года не превышала  $10^{-6}$ . В случае технической и экономической нецелесообразности обеспечения указанной вероятности возникновения взрыва производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность воздействия опасных факторов взрыва на людей в течение года не превышала  $10^{-6}$  на человека.

Взрывобезопасность производственных процессов должна быть обеспечена:

- предупреждением;
- взрывозащитой;
- организационно-техническими мероприятиями.

Параметрами и свойствами, характеризующими взрывобезопасность среды, являются:

- температура вспышки;
- концентрационные и температурные пределы воспламенения;
- нормальная скорость распространения пламени;
- минимальное взрывоопасное содержание кислорода (окислителя);
- минимальная энергия зажигания;
- чувствительность к механическому воздействию (удару, трению).

Основными факторами, характеризующими опасность взрыва, являются:

- максимальное давление и температура взрыва;
- скорость нарастания давления при взрыве;
- давление во фронте ударной волны;
- дробящие и фугасные свойства взрывоопасной среды.

Опасными и вредными факторами, воздействующими на работающих в результате взрыва, являются:

- ударная волна, во фронте которой давление превышает допустимое значение;
- пламя;
- обрушивающиеся конструкции, оборудование, коммуникации, здания и сооружения и их разлетающиеся части;
- образовавшаяся при взрыве и выделившиеся из повреждённого оборудования вредные вещества, содержание которых в воздухе рабочей зоны превышает ПДК.

Для предупреждения взрыва необходимо исключить:

- образование взрывоопасной среды;
- возникновение источника инициирования взрыва.

Взрывоопасную среду могут образовывать:

- смеси веществ (газов, паров, пылей) с воздухом и другими окислителями (кислород, озон, хлор, окислы азота);
- вещества, склонные к взрывному превращению (ацетилен, озон, гидразин).

Источниками инициирования взрыва являются:

- открытое пламя, горящие и раскалённые тела;
- электрические разряды;
- тепловые проявления химических реакций и механических воздействий;
- искры от удара и трения;
- ударные волны;
- электромагнитные и другие излучения.

Предотвращение образования взрывоопасной среды внутри технологического оборудования должно быть обеспечено:

- герметизацией технологического оборудования;
- поддержанием состава и параметров среды вне области воспламенения;
- применением ингибирующих (химически активных) и флегматизирующих (инертных) добавок;
- консервативными и техническими решениями при проектировании производственного оборудования и процессов.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва должно быть обеспечено:

- регламентацией огневых работ;
- предотвращением нагрева оборудования до температуры самовоспламенения взрывоопасной среды;
- применением средств, понижающих давление во фронте ударной волны (защитных экранов, земляных валов, железобетонных конструкций и др.);
- применением материалов, не создающих при соударении искр;
- применением средств защиты от атмосферного и статического электричества, блуждающих токов, токов замыкания на землю;
- применением быстродействующих средств защитного отключения возможных электрических источников инициирования взрыва;
- ограничением мощности электромагнитных и других излучений;

- устранением опасных тепловых проявлений химических реакций и механических воздействий.

Предотвращение воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов при взрыве обеспечиваются:

- установлением минимальных количеств взрывоопасных веществ, применяемых в производственном процессе;
- применением огнепреградителей, гидрозатворов, водяных и пылевых заслонов, инертных газов или паровых завес;
- применением оборудования, рассчитанного на давление взрыва;
- обваловкой и бункеровкой взрывоопасных участков или размещением их в защитных кабинах;
- защитой оборудования от разрушений при помощи устройств аварийного сброса давления (предохранительные мембраны и клапаны);
- применением отсечных и обратных клапанов;
- применением систем активного подавления взрыва;
- применением средств предупредительной сигнализации.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению взрывобезопасности включают:

- разработку регламентов и норм ведения технологических процессов;
- разработку обучения, инструктажа и допуска к работе персонала;
- контроль и надзор за соблюдением норм технологического режима, правил и норм техники безопасности.

## **2.4 Безопасность производств на стадиях эксплуатации**

### **2.4.1. Технологический регламент производств**

Одним из основных условий обеспечения высокого качества выпускаемой продукции, высокой производительности, санитарных условий труда и безопасности производства в целом является точное соблюдение технологического регламента, который, как правило, разрабатывается для каждого действующего производства.

Технологический регламент является основным техническим документом, определяющим оптимальный технологический режим, порядок проведения операций технологического процесса, обеспечивающий выпуск продукции требуемого качества, безопасные условия эксплуатации производства, а также выполнения требований по охране окружающей среды.

Технологический регламент разрабатывается, как правило, для технологического процесса производства определенных видов продуктов или полупродуктов (вещество, полученное на одной или нескольких стадиях производства и являющиеся сырьем для следующих технологических стадий).

В зависимости от степени освоенности производства и целей осуществляемых работ предусматриваются следующие типы технологических регламентов [Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса. (Утверждено: Заместителем Министерства Экономики РФ 06.05.2005г., Государственным Комитетом РФ

по охране окружающей среды, № 02-19/18-214 от 26.11.1999г., федеральным и горным промышленным надзором России, № 02-35/234 от 28.04.2000г.):

- 1) постоянные;
- 2) временные, пусковые;
- 3) разовые;
- 4) лабораторные (пусковые записки, производственные методики).

**Постоянные** технологические регламенты разрабатываются для основных производств, обеспечивающих требуемое качество выпускаемой продукции.

**Временные** технологические регламенты разрабатываются для:

- новых на данном предприятии производств;
- действующих производств, в технологию которых внесены принципиальные изменения;
- производств с новой технологией.

**Разовые** технологические регламенты разрабатываются при выпуске товарной продукции на опытных и опытно-промышленных установках (цехах), а также для опытных и опытно-промышленных работ, проводимых на действующих производствах с требованием п.1.10 ПБ 09-540-03.

**Лабораторные** регламенты (пусковые записки, производственные методики) разрабатываются для лабораторных, стендовых и модельных установок, не выпускающих товарную продукцию.

### **Состав технологических регламентов**

**Постоянные, временные и разовые** технологические регламенты должны состоять из следующих разделов:

- общая характеристика производств;
- характеристика производимой продукции;
- характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов, энергоресурсов;
- описание технологического процесса и схемы;
- материальный баланс;
- нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов;
- нормы образования отходов производства;
- контроль производства и управление технологическим процессом;
- возможные неполадки в работе и способы их ликвидации;
- охрана окружающей среды;
- безопасная эксплуатация производства;
- перечень обязательных инструкций;
- чертеж технологической схемы производства;
- спецификация основного технологического оборудования и технические устройства, включая оборудование природно-охранного назначения;

**Лабораторный** регламент, в общем виде должен содержать следующие данные:

- назначение установки;

- краткая характеристика сырья, полупродуктов, готового продукта, отходов, стоков и выбросов с указанием их токсических, пожаро- и взрывоопасных свойств;

- описание технологической схемы и расположения аппаратуры;

- описание схемы контрольно-измерительных приборов, автоматики (КИ-ПиА); блокировок и предохранительных устройств;

- описание схемы электроснабжения;

- требования к безопасной эксплуатации;

- требования к обеспечению экологической безопасности;

- чертежи технологической схемы и аппаратов.

Анализ состава разрабатываемых технологических регламентов показывает, что для осуществления мер по обеспечению безопасности объекта промышленного производства все они содержат раздел «Безопасная эксплуатация производств».

Раздел «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента на производство продукции разрабатываются для:

- проектируемых;

- действующих;

- расширяемых;

- реконструируемых

производств химического комплекса, связанных с обращением или хранением в них химически опасных и токсичных веществ, а также веществ, которые могут образовывать пылевоздушные или парогазовые взрывоопасные смеси.

Раздел «Безопасная эксплуатация производств» подготавливается на основании РД 09-251-98 «Положение о порядке разработки и содержании раздела «Безопасная эксплуатация производств» (Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 18.12.98г. № 77).

В разделе «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента должны быть приведены технологические данные, необходимые для разработки и осуществления мер по обеспечению безопасности и оптимальных санитарно-гигиенических условий труда работающих, на вновь создаваемые и реконструируемые производства в том числе:

- характеристика опасностей производства;

- возможные неполадки и аварийные ситуации, способы их предупреждения и устранения;

- защита технологических процессов и оборудования от аварий и защита работающих от травмирования;

- меры безопасности, которые следует соблюдать при эксплуатации производств.

Раздел «Безопасность эксплуатации производств» должен быть согласован с организацией – разработчиком проекта согласно требованиям ПБ 09-540-03, утвержденных постановлением Госгортехнадзора России от 05.05.03 № 29.



## **Порядок разработки и согласования технологических регламентов**

1) Постоянные технологические регламенты разрабатываются предприятием и согласовываются с предприятием – разработчиком технологического процесса.

2) Временные технологические регламенты новых на данном предприятии производств и действующих производств, в технологию которых внесены принципиальные изменения, разрабатываются предприятием и согласовываются с предприятием – разработчиком технологического процесса.

3) Разовые технологические регламенты для опытных установок, а также опытных работ, проводимых на действующих производствах, составляются предприятием – разработчиком процесса и согласовываются с предприятием.

4) Разовые технологические регламенты по разработкам, выполненным центральной лабораторией по разработкам, выполненным центральной лабораторией или проектно – конструкторским бюро предприятия, составляются предприятием и согласовываются с разработчиком технологического процесса.

5) Лабораторные регламенты (пусковые записки, производственные методики) по своим разработкам составляются предприятием.

Примечание: если предприятие является разработчиком технологического процесса, то согласования технологических регламентов не требуется.

Все технологические регламенты утверждает руководитель предприятия или его заместитель.

Технологических регламент, утвержденный директором предприятия, подписывают:

- главный инженер предприятия;
- начальник производственно-технического (технического) отдела предприятия;
- начальник производства;
- начальник цеха;
- начальник отдела технического контроля.

Регламент согласовывают:

- заместитель главного инженера предприятия по технике безопасности или начальник отдела безопасности;
- заместитель главного инженера по охране окружающей среды;
- главный метролог предприятия;
- начальник центральной лаборатории предприятия.

Количество экземпляров технологических регламентов определяется предприятием. Все технологические регламенты и документы о внесении изменений в них представляются на согласование и утверждение в брошюрованном виде прошитыми и заверенными печатью.

Утвержденные технологические регламенты должны быть зарегистрированы. Регистрация регламентов и присвоение им номера производится на предприятиях, для которых они разработаны.

Первые два экземпляра утвержденных технологических регламентов хранятся в производственно-техническом (техническом, научно-техническом) отделе предприятия.

Остальные экземпляры регламента передаются начальникам производств, цехов, отделов и других производственных подразделений.

### **Сроки действия технических регламентов**

1) Срок действия постоянного технического регламента устанавливается не более 10 лет с обязательным подтверждением его через 5 лет. Подтверждение действия регламента оформляется приказом по предприятию.

2) Для всех временных регламентов сроки устанавливаются в соответствии с действующими нормами освоения производства и с учетом времени, необходимого для составления постоянного регламента.

При сроке освоения менее года допускается устанавливать срок действия временного регламента до одного года.

При отсутствии норм освоения срок действия регламента определяется лицом, его утверждающим.

По окончании срока действия временного регламента должен быть утвержден постоянный регламент.

Если к концу срока действия временного технического регламента производство не достигло проектных технико-экономических показателей или в технологию производства предприятием-разработчиком были внесены уточнения, связанные с изменением мощности, объемов расхода сырья, улучшением качества продукции, безопасностью процесса и т.д. – должен быть продлен срок действия временного регламента или составлен временный регламент на новый срок.

3) Для разовых технологических регламентов сроки их действия устанавливаются в соответствии со сроками проведения опытных работ или сроками выпуска определенного объема продукции.

Для разовых регламентов, в соответствии с которыми проводится наработка опытной продукции в течение нескольких лет, срок действия регламента устанавливается не более пяти лет.

4) Срок действия лабораторного технологического регламента устанавливается лицом, утверждающим регламент.

### **Порядок отмены технологических регламентов**

Руководитель предприятия имеет право отменить технологические регламенты, утвержденные им, если эти регламенты не обеспечивают надлежащее качество продукции, безусловной безопасности работы, требований охраны окружающей среды и других требований.

Порядок разработки, согласования, утверждения и оформления изменений и дополнений, вносимых в действующие технологические регламенты.

При необходимости (изменение нагрузок, режимов, замена оборудования и т.п.) в действующие технологические регламенты допускается вносить изменения, дополнения.

Внесение изменений в технологическую схему, аппаратное оформление системы управления, контроля, связи и оповещения и ПАЗ может производить

только при наличии нормативно-технической и проектной документации, согласованной с предприятием, разработчиком проекта. Внесенные изменения не должны отрицательно влиять на работоспособность и безопасность всей технологической системы в целом.

Разработка, согласование и утверждение изменений и дополнений в действующие регламенты выполняются в порядке, установленном для основных регламентов.

#### **2.4.2 Перечень обязательных инструкций и иных документов на стадиях эксплуатации производств**

Для ведения технологического процесса и обеспечения безопасности производства в целом на предприятии должны быть в наличии:

1) инструкции.

Все обязательные инструкции разрабатываются предприятием на основании утвержденного регламента, в котором приводится раздел «Перечень обязательных инструкций».

Перечень инструкций, которыми должны руководствоваться при ведении технологического процесса следующий:

- пусковые инструкции (при пуске новых производств);
- общепроизводственные (общецеховые) инструкции;
- инструкции по технике безопасности, по охране труда и пожарной безопасности производства (цеха) или других производственных подразделений, если они имеют существенные отличия от общей характеристики производства (цеха);
- инструкция по подготовке оборудования к ремонту и приёму оборудования из ремонта;
- инструкция по остановке на капитальный ремонт и пуску производства после капитального ремонта;
- инструкция по проведению ремонта оборудования;
- инструкции по всем рабочим местам в соответствии со штатным расписанием, включая рабочие места сквозных профессий;
- инструкция по остановке установки в случае возникновения аварийной ситуации.

2) План локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС), если производство включено в перечень производств, для которых обязательна разработка таких планов.

3) Паспорт безопасности объекта, если объект включен в перечень объектов, для которых обязательна разработка такого паспорта.

4) Декларация промышленной безопасности эксплуатации объекта, если объект отнесён к опасным производственным объектам в соответствии с Федеральным Законом № 116 – ФЗ от 21.07.97 г.

Если производственный объект относится к опасным производственным объектам (ОПО) должны соблюдаться «Требования к организациям, эксплуа-

тирующим опасные производственные объекты». Для этой цели в соответствии с Ст.9 № 116 – ФЗ и разделах ПБ 03-517-02, организация обязана:

1) выполнять требования промышленной безопасности, установленные к эксплуатации опасных производственных объектов законодательными и иными нормативными правовыми актами и нормативными техническими документами, принятыми в установленном порядке;

2) представлять сведения, необходимые для регистрации объекта в государственном реестре опасных производственных объектов, в соответствии с требованиями, установленными Ростехнадзором;

3) допускать к работе на ОПО лиц, удовлетворяющих соответствующим квалификационным требованиям и не имеющих медицинских противопоказаний к указанной работе;

4) заключить договор страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО;

5) предотвращать проникновение посторонних лиц на опасный производственный объект;

6) организовать и осуществлять производственный контроль в соответствии с Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на ОПО;

7) планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий, оказывать содействие государственным органам в расследовании причин аварий;

8) заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами (формированиями) договоры на обслуживание, а в случаях, предусмотренных законодательством РФ, создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные формирования и нештатные аварийно-спасательные формирования из числа работников;

9) иметь резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий;

10) обучать работников действиям в случае аварии или инцидента;

11) вести учет аварий, инцидентов, несчастных случаев на производстве, анализировать причины их возникновения, принимать меры по их профилактике и устранению причин;

12) представлять в установленном порядке в органы государственной власти информацию об авариях, инцидентах и несчастных случаях на производстве, причинах их возникновения и принятых мерах;

13) организации, эксплуатирующие ОПО, осуществляют производственный контроль, являющийся частью системы управления промышленной безопасностью (СУПБ), путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов, а также на предупреждение аварий на этих объектах и обеспечение готовности к локализации и ликвидации их последствий;

14) в рамках СУПБ организация: определяет и документально оформляет свою политику в области промышленной безопасности; планирует деятельность в этой области и обеспечивает передачу соответствующей информации;

разрабатывает, внедряет и при необходимости корректирует методы периодической оценки состояния промышленной безопасности; периодически анализирует деятельность службы производственного контроля и СУПБ в целом с целью оценки соответствия установленным требованиям.

## **2.5 Безопасность на стадии разработки технических условий на продукцию**

*Техническое условие* (ТУ) является техническим документом, разрабатываемым по решению разработчика (изготовителя) или по требованию заказчика (потребителя) продукции.

Технические условия являются неотъемлемой частью комплекта конструкторской или другой технической документации на продукцию.

ТУ разрабатывают на:

- одно конкретное изделие, материал, вещество и т.п.;
- несколько конкретных изделий, материалов, веществ и т.п. (групповые технические условия).

ТУ являются основным правовым документом, характеризующим качество продукции при заключении договоров на ее поставку и при предъявлении рекламаций.

Общие правила построения, изложения, оформления, согласования и утверждение ТУ на продукцию (изделия, материал, вещества и т.п.) регламентированы в Межгосударственном стандарте [86].

### **2.5.1 Состав и содержание технических условий**

ТУ должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды;
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовления.

Состав разделов и их содержание определяют разработчик в соответствии с особенностями продукции.

В разделе «технические требования» должны быть приведены требования и нормы, определяющие показатели качества и потребительские (эксплуатационные) характеристики продукции. Раздел в общем случае должен состоять из следующих подразделов:

- основные параметры и характеристики (свойства);
- требования к сырью, материалам, покупным изделиям;
- комплектность;
- маркировка;

- упаковка.

В разделе «требования безопасности» устанавливают требования, которые должны обеспечивать безопасность продукции в течении срока ее службы (годности).

В разделе указывают требования к следующим видам безопасности: электробезопасности; пожарной безопасности; взрывобезопасности; радиационной безопасности; безопасности от воздействия химических и загрязняющих веществ, в том числе предельно допустимых концентраций веществ или входящих в него компонентов; безопасности при обслуживании машин и оборудования, в том числе безопасности при ошибочных действиях обслуживающего персонала и самопроизвольном нарушении функционирования; к защитным средствам и мероприятиям обеспечения безопасности, в том числе устройству ограждений, ограничений хода, блокировок, концевых выключателей подвижных элементов, креплений и фиксаторов подвижных частей, оснащению рабочих мест, органам управления и приборам контроля, аварийной сигнализации, требования по удалению, снижению, локализации опасных и вредных производственных факторов в местах их образования. При необходимости, приводят класс опасности, допустимые уровни опасных и вредных производственных факторов, создаваемых оборудованием и машинами, характер действия веществ на организм человека, сведения особенности материала (вещества) к образованию токсичных и пожаро- и взрывоопасных соединений в воздушной среде и сточных водах в присутствии других веществ или факторов, сведения о пожаро- и взрывоопасных свойствах материала, вещества и мерах по предупреждению их самовозгорания и (или) взрыва, способы обезвреживания и захоронения вещества, с выраженными токсичными и пожаро- и взрывоопасными свойствами.

В разделе «требования охраны окружающей среды» устанавливают требования для предупреждения вреда окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека при испытании, хранении, транспортировании, эксплуатации (применении) и утилизации продукции, опасной в экологическом отношении.

В разделе «правила приемки» указывают порядок контроля продукции, порядок и условия предъявления и приемки продукции органами технического контроля предприятия-изготовителя и потребителем (заказчиком), размер предъявляемых партий, необходимость и время выдержки продукции до начала приемки, сопроводительную предъявительскую документацию, а также порядок оформления результатов приемки.

В разделе «методы контроля» устанавливают приемы, способы, режимы контроля (испытаний, измерений, анализов) параметров, норм, требований и характеристик продукции, необходимость контроля которых предусмотрена в разделе «правила приемки».

Для каждого метода контроля (испытаний, измерений, анализа), в зависимости от специфики проведения, должны быть установлены:

- методы отбора проб (образцов);
- подготовка к контролю (испытанию, измерению, анализу);

- проведение контроля (испытания, измерения, анализа);
- методы обработки результатов.

В разделе «транспортирование и хранение» устанавливают требования к обеспечению сохраняемости продукции при ее транспортировании и хранении, в том числе по обеспечению безопасности.

В разделе указывают виды транспорта, способы крепления и укрытия продукции, параметры транспортирования (допускаемую дальность, скорость и т.п.), допустимые механические воздействия.

В разделе указывают условия хранения продукции, обеспечивающие ее сохранность, в том числе требования к месту хранения продукции (навес, крытый склад, отапливаемое помещение и т.д.). кроме того, приводят способы укладки продукции (в штабели, на стеллажи, прокладки и т.п.), а также специальные правила хранения скоропортящейся, ядовитой, ожогоопасной, взрывоопасной продукции.

В разделе «указания по эксплуатации» приводят указания по установке, монтажу и применению продукции на месте ее эксплуатации (применения), например требования к условиям охлаждения, особые условия эксплуатации и т.п.

В разделе «гарантии изготовителя» устанавливают правила и обязанности изготовителя по гарантиям в соответствии с действующим законодательством.

### **2.5.2 Согласование и утверждение технических условий**

1. ТУ подлежат согласованию на приемочной комиссии, если решение о постановке продукции на производство принимает приемочная комиссия.

Подписание акта приемки опытного образца (опытной партии) продукции членами приемочной комиссии означает согласование ТУ.

ТУ, содержащие требования, относящиеся к компетенции представителей органов государственного контроля и надзора, если они не являются членами приемочной комиссии, подлежат согласованию с ними.

2. Если решение о постановке продукции на производство принимает без приемочной комиссии, ТУ направляют на согласование заказчику (потребителю).

3. ТУ, содержащие ссылки на государственные стандарты, включающие требования к качеству продукции, обеспечивающие ее безопасность для жизни, здоровья и имущества, к охране окружающей среды, а также содержание ссылки на правила и нормы, установленные органами государственного контроля и надзора, могут не согласовываться с заказчиком.

4. ТУ утверждает его разработчик или орган, предусмотренный действующим законодательством.

5. ТУ утверждают, как правило, без ограничения срока действия.

## **2.6 Безопасность при выборе и изготовлении надежных видов оборудования**

*Надежность* – это свойство оборудования выполнять заданные функции при сохранении эксплуатационных показателей в течение требуемого периода времени или при производстве необходимого количества продуктов.

Повышение надежности современного производственного оборудования имеет особое значение, так как его эксплуатация в ряде случаев может быть, связана с наличием токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ, осуществляться под высоким давлением или в глубоком вакууме, при высоких или низких температурах, больших скоростях перемещения материальных сред и др.

Надежность оборудования обуславливается его безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

*Безотказность* – это свойство системы непрерывно сохранять работоспособность при выполнении определенного объема работы в заданных условиях эксплуатации.

*Отказом* называют событие, заключающееся в полной или частичной утрате работоспособности оборудования.

Основная задача, связанная с повышением безотказности оборудования, заключается в регулировании и создании условий работы с минимальным числом внезапных отказов, а также с легким и быстрым их устранением.

*Долговечность* – это свойство системы сохранять работоспособность в течение всего периода эксплуатации при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

При исследовании долговечности оборудования прежде всего необходимо определить технически и экономически целесообразные сроки его эксплуатации. Экономически целесообразным пределом эксплуатации оборудования следует считать тот момент, когда предстоящие расходы на капитальный ремонт приближаются к стоимости нового оборудования. Выгоднее приобрести новое оборудование, чем отремонтировать старое, тем более новое оборудование по качеству всегда превосходит восстановленное.

*Ремонтпригодность* – это приспособленность системы к предупреждению, определению и устранению в ней отказов и неисправностей, что достигается проведением технического обслуживания и ремонтов.

Оборудование может быть ремонтируемым (т.е. поддающимся восстановлению в данных условиях эксплуатации) и неремонтируемым (т.е. не подлежащим, либо не поддающимся восстановлению в данных условиях эксплуатации).

Неремонтируемое оборудование может иметь только один отказ, так как после первого же отказа оно подлежит замене. Для него понятия «безотказность» и «долговечность» практически совпадают, так как при наступлении первого же отказа нарушается безотказность и исчерпывается долговечность.

Рассмотрим основные направления повышения надежности химического оборудования. Надежность оборудования рассчитывают и закладывают при проектировании, затем стремятся обеспечить ее при изготовлении и, наконец, поддерживают в условиях эксплуатации.

При проектировании оборудования применительно к условиям эксплуатации выбирают его оптимальную конструкцию (оптимальные формы и размеры), задают требуемую механическую прочность и герметичность. Конструк-



ционные материалы выбирают с учетом общих и специальных условий эксплуатации оборудования: давления, температуры, агрессивного воздействия среды и др. Проектирование оборудования осуществляют с учетом схем уменьшения действующих динамических нагрузок, применения средств защиты от перегрузок и т.д., стремятся к упрочнению кинематических схем.

В процессе изготовления оборудования все усилия должны быть направлены на создание надежного оборудования. Для реализации этого необходимо прежде всего иметь заготовки высокого качества. Изготовление оборудования должно осуществляться на основе применения современных технологических приемов, а также процессов упрочняющей обработки. Важно стремиться к повышению точности изготовления деталей и сборки оборудования.

В ходе эксплуатации надежность оборудования поддерживается благодаря строгому соблюдению заданных параметров рабочего режима, качественного текущего и профилактического обслуживания.

Одним из методов повышения надежности оборудования является резервирование, т.е. введение в систему добавочных (дублирующих) элементов, включаемых параллельно основным, что способствует созданию систем, имеющих надежность выше надежности входящих в них элементов.

Различают два принципиально различных метода резервирования: общее, при котором резервируется весь аппарат, и отдельное, при котором резервируются отдельные узлы аппарата. Отдельное резервирование обеспечивает больший выигрыш в надежности, чем общее.

Резервирование может быть постоянным, при котором резервные аппараты присоединены к основным в течение всего времени работы и функционируют одновременно с ними, или замещаемым, т.е. включаемым для замещения основного аппарата в случае его отказа.

Постоянное резервирование становится единственно возможным в том случае, когда недопустимы даже кратковременные остановки процесса для перехода с основного аппарата на резервный.

Наряду с достоинствами резервирование имеет и недостатки: оно усложняет оборудование, удорожает его обслуживание, содержание и ремонт и поэтому не всегда экономически выгодно. Использовать резервирование целесообразно лишь тогда, когда отсутствуют более простые способы повышения надежности технологического оборудования.

### **2.6.1 Защитные устройства производственного оборудования**

Защитные устройства относятся к инженерно-техническим средствам безопасности и служат для обеспечения:

- безопасности процессов или (и) оборудования;
- безопасности обслуживающего персонала.

К инженерно-техническим средствам безопасности относятся:

- оградительные устройства;
- преградительные устройства;
- сигнализация безопасности;

- разрывы и габариты безопасности.

*Оградительные устройства.* Их применяют для изоляции движущихся частей машин и механизмов, находящихся под напряжением токоведущих частей оборудования, тех зон и участков, где есть постоянная опасность возникновения вредного воздействия на человека высокой температуры, различных видов излучения и т.д. Эти устройства применяют для ограждения канав, ям, колодцев, люков, а также рабочих мест, расположенных на высоте.

Ограждения бывают:

- временными – переносными для обозначения опасности в связи с проведением каких-либо работ (ремонт оборудования, работа с оборудованием в колодцах);

- неподвижными – которые убирают только во время ремонта или наладки (ограждения шкивов, ремней, шнеков);

- периодически открывающимися – только в процессе работы.

Съемные и открывающиеся ограждения обязательно должны быть заблокированы с пусковыми устройствами оборудования.

*Предохранительные устройства.* Они служат для предупреждения об аварии и выходе из строя отдельных частей технологического оборудования и автоматически срабатывают, когда возникает такая угроза, отключая оборудование или его узел. Для защиты электроустановок от перегрузок применяют плавкие предохранители. Широкое распространение получила система бирок. Смысл ее заключается в том, что без наличия определенной бирки (пластинки с шифром) на агрегате, машине или механизме никто не имеет право включать их в работу. Если в процессе работы обнаруживается потеря бирки, механизм должен быть остановлен и обесточен. В получении и сдаче бирки персонал каждую смену расписывается в специальном журнале. Для предупреждения взрывов сосудов, работающих под давлением, используют предохранительные клапаны.

Технологическое оборудование, в котором возможно аварийное повышение давления, представляет серьезную опасность при эксплуатации из-за разрушения под действием давления газов. Поэтому во всех случаях, когда в аппарате может быть превышено предельно допустимое давление, определяемое его прочностью, аппарат должен быть надежно защищен от разрушения с помощью различных предохранительных устройств (ПУ), работающих по принципу сброса из аппарата излишнего количества среды.

Источниками аварийного роста давления в аппаратах могут являться внезапные, не предусмотренные рабочим процессом случаи:

- приток в аппарат газа, пара или жидкости при закрытом выходе из него;

- обогрев или нарушение охлаждения аппарата, в результате чего происходит нагрев газа или пара, испарение жидкости или интенсификация химической реакции;

- взрыв среды в аппарате.

Причинами аварийного повышения давления могут являться:

- ошибки обслуживающего персонала;

- отказ запорно-регулирующей арматуры;

- нарушение функционирования системы автоматического управления;
- внезапное разрушение внутренних устройств аппарата: труб, змеевиков, рубашек и др.;
- замерзание охлаждающей воды;
- выход из-под контроля химических реакций;
- интенсивный нагрев поверхности аппарата от внешнего источника, например, в результате пожара, солнечной радиации и т.п.

Для выбора предохранительного устройства необходимо знать величину аварийного притока среды и характер его изменения в зависимости от источника повышения давления.

Аварийный расход среды в различных случаях определяют следующим образом.

1) при постоянной подаче рабочей среды в аппарат поршневым компрессором или насосом в случае перекрытия выхода из аппарата аварийный расход равен массовой подаче компрессора « $m_k$ » или насоса « $m_n$ » см формулу (20):

$$m_a = m_k; \quad m_a = m_n. \quad (20)$$

2) при пожаре вблизи герметичного аппарата, заполненного жидкостью, аварийный расход определяют по формуле (21):

$$m_a = K \times F_{an}(t_\tau - t_j)/\tau, \quad (21)$$

где  $F_{an}$  – площадь наружной поверхности аппарата,  $m^2$ ;

$t_\tau$  – температура газовой смеси, омывающей при пожаре наружную поверхность аппарата, при расчетах принимают  $t_\tau = 600 \div 700^\circ C$ ;

$t_j$  – температура кипения жидкости при давлении внутри аппарата,  $^\circ C$ ;

$\tau$  – теплота испарения жидкости при температуре  $t_j$ , Дж/кг;

$K$  – общий коэффициент теплопередачи от окружающей газовой смеси через стенку аппарата к содержащейся в ней жидкости, Вт/( $m^2 \times K$ ); для низкоизолированных неохлаждаемых аппаратов принимают  $K=25$  Вт/( $m^2 \times K$ ); для изолированных и охлаждаемых аппаратов  $K$  определяют в зависимости от степени охлаждения, толщины и коэффициента теплопроводности изоляции.

3) для аппаратов, имеющих специальное оросительное устройство, в числителе формулы (21) вводят понижающий коэффициент 0,5.

4) для определения величины аварийного притока среды в случае выхода из-под контроля химических реакций или прорыва легкокипящих жидкостей необходимо знать динамику развития процессов.

5) во многих случаях наиболее опасной аварийной ситуацией является взрыв технологической среды внутри аппарата.

Основной характеристикой динамики развития взрыва является скорость роста давления  $dP/dt$ , которая зависит от физико-химических свойств взрывоопасной среды, степени турбулизации ее в аппарате, объема и формы аппарата и других факторов.

Аварийный расход в этом случае связан с соответствующей ему скоростью нарастания давления уравнением состояния (22):

$$m_a = \frac{M \times V}{R \times T_m} \times \frac{dP}{d\tau}, \quad (22)$$

где  $M$  – молярная масса технологической среды в аппарате, кг/кмоль;  
 $V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>;  
 $R = 8,314$  Дж/(моль×К) – универсальная физическая (газовая) постоянная;  
 $T_m$  – средняя абсолютная температура истекающих продуктов взрыва, К;  
 $dP/d\tau$  – скорость роста давления в аппарате при взрыве, Па/с.

Минимальную скорость роста давления в аппарате определяют по формуле (23):

$$\frac{dP}{d\tau} = K_T \times \left(\frac{dP}{d\tau}\right)_0 \times \frac{P_p + 0,1}{0,1} \times \sqrt[3]{\frac{V_0}{V}}, \quad \text{Па/с}, \quad (23)$$

где  $K_T$  – коэффициент турбулизации фронта пламени, принимаемый: для сосуда, в который нет притока технологической среды  $K_T = 1,5 \div 2,0$ ; для сосуда при наличии притока технологической среды, находящейся в турбулизованном состоянии, наличие внутри аппарата конструированных элементов (лопасти, ребра и т.п.), способствующих возникновению турбулизации  $K_T = 2,0 \div 5,0$ ; сосуд, снабженный устройством, создающим внутри его интенсивную турбулизацию технологической среды (встроенный вентилятор, тангенциальный ввод газа в аппарат и т.п.)  $K_T = 5,0 \div 10,0$ .

$(dP/d\tau)_0$  – максимальная скорость роста давления принимается по экспериментальным данным, полученным в условиях специального оборудования в экспериментальной бомбе объемом  $V_0 = 0,01$  м<sup>3</sup> при взрыве смеси технологической среды с воздухом, имеющей оптимальную концентрацию и содержащейся без начального избыточного давления при температуре 300 К. Значения  $(dP/d\tau)_0$  принимают по справочникам. Например, для водорода (при концентрации водорода в воздухе, 35% объемных)  $(dP/d\tau)_0 = 6,5$  Па/с; для пропана (при концентрации в воздухе, 7% объемных)  $(dP/d\tau)_0 = 3,07$  Па/с;

$P_p$  – рабочее давление технологической среды в аппарате до возникновения взрыва, МПа;

$V$  – объем аппарата, м<sup>3</sup>.

Одним из надежных и перспективных методов взрывозащиты аппаратов является применение быстрого сброса давления устройствами мембранного типа, приведенными в [87].

Основное преимущество их заключается в быстрой реакции: срабатывание предохранительных клапанов составляет примерно 0,1 с, а мембранных устройств 0,005 с.

Расчет мембран сводится к расчету значения проходного сечения и толщины мембраны. Размеры проходного сечения мембраны зависят от объема аппарата, состава и объема газов и времени развития взрыва (скорости нарастания давления -  $dP/d\tau$ ).

Мембрана должна срабатывать при давлении, превышающем рабочее не более чем на 25%. Материал мембраны выбирается исходя из свойств агрессивной среды и параметров технологического процесса. Зная материал и диаметр мембраны, рассчитывают ее толщину:

а) для срезных мембран (24):

$$\delta = \frac{d \times P_{\text{ср}}}{4\tau_{\text{ср}}}, \quad (24)$$

где  $\delta$  – толщина мембраны, мм;

$d$  – рабочий диаметр мембраны, мм;

$P_{\text{ср}}$  – давление срабатывания мембраны, Па;

$\tau_{\text{ср}}$  – предел прочности при срезе выбранного материала мембраны.

б) для ломающихся мембран (25):

$$\delta = \frac{d}{4} \sqrt{\frac{3P_{\text{ср}}}{2\sigma_{\text{вр}}}}, \quad (25)$$

где  $\sigma_{\text{вр}}$  – временное сопротивление при одноосном растяжении, Па.

*Сигнализация безопасности* является средством предупреждение о возможной опасности. Не устраняет возможных последствий, однако играет важную роль в системе безопасности. Сюда относятся световая сигнализация, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и указатели различных параметров процесса (температуры, давления, уровня жидкости и т.п.).

Световую сигнализацию чаще всего применяют на внутризаводском железнодорожном транспорте, ее устанавливают в точках пересечения пешеходных и автомобильных дорог на территории предприятия. Световые табло используют в качестве предупредительных знаков о выезде из цеха (склада) автомобиля или электрокара с целью предотвращения их столкновения с проходящим транспортом или наезда на людей.

Звуковые сигналы сигнализируют о достижении предельных параметров процесса – температуры, давления и т.п. Их можно сочетать со световыми.

Приборы-указатели сигнализируют о приближающейся опасности (например, манометр с красной чертой на шкале, водомерные стекла с отметкой уровня воды и т.д.).

*Разрывы и габариты безопасности.* Под этими терминами понимают то минимальное расстояние между объектами, которое необходимо для проведе-

ния безопасной работы в определенной зоне. Разрывы между зданиями, складами и складываемыми материалами необходимо предусматривать с точки зрения пожарной безопасности, безопасности автомобильного и железнодорожного движения. Нормированию подлежит ширина проезда на территории предприятия и в производственных цехах. В целях безопасности и удобства обслуживания технологического оборудования нормируют разрывы между наиболее выступающими частями производственного оборудования и элементами здания (колоннами, стенами и т.д.)

Важно строго придерживаться норм складирования изделий и у рабочих мест. Высоту штабеля изделий выбирают с учетом его устойчивости и удобства снятия с него изделий, но не более 1 м, ширина проходов между штабелями должна быть не менее 0,8 м.

## **2.7 Выбор систем контроля, управления и противоаварийной защиты как средства безопасности технологических процессов**

### **2.7.1 Автоматизация производственных процессов**

Под *автоматизацией* производства понимают применение приборов, устройств, машин, позволяющих осуществлять производственные процессы по заданной программе без непосредственного участия человека и лишь под его контролем.

Автоматизация должна обеспечивать:

- 1). быструю фиксацию изменений в ходе технологического процесса;
- 2). регулирование технологического процесса;
- 3). одновременное или осуществляемое в определённой последовательности включение или выключение устройств;
- 4). Предупреждение возможной аварии.

Автоматизация позволяет:

- 1). разделить процессы производства и управления и благодаря этому вывести человека из опасных и вредных для здоровья зон;
- 2). обеспечить создание безопасных условий труда;
- 3). обеспечить снижение травматизма и профессиональных заболеваний.

В зависимости от степени участия в непосредственном управлении технологическим процессом различают частичную, комплексную и полную автоматизацию.

*Частичной* принято считать автоматизацию одного или нескольких участков производственного процесса без взаимной связи между собой.

*Комплексной* – автоматизацию взаимосвязанных основных участков.

*Полной* – автоматизацию всех основных и вспомогательных участков производственного процесса.

Технические средства автоматизации состоят из разнообразных приборов и устройств, позволяющих:

- а). получить информацию о ходе и параметрах технологического процесса;

- б). перерабатывать (преобразовывать) информацию в необходимые формы для сравнения с программой;
- в). передавать информацию в нужных направлениях;
- г). использовать информацию для воздействия на технологический процесс.

В зависимости от функций, выполняемых автоматическими устройствами, различают следующие основные формы автоматизации:

- автоматический контроль;
- технологическую сигнализацию;
- автоматическое управление;
- автоматическое регулирование;
- автоматическую защиту и блокировку.

### 2.7.2 Автоматический контроль

Величины, несущие информацию о явлениях, событиях или качественном изменении показателей технологического процесса и условий его протекания (например, нарушении температурного режима, аварии технологического оборудования, загазованности помещения сверх санитарной нормы и т. д.) называются *контролируемыми*.

Большое количество контролируемых величин сложных технологических объектов разделяют на:

- входные;
- режимные;
- выходные.

Из общего числа входных, режимных и выходных величин, которые воздействуют на устройства сигнализации, защиты и блокировки выделяют группы:

- а). предаварийных;
- б). аварийных.

Технические средства контроля представляют собой как локально обособленные контрольно-измерительные приборы так и сложные системы автоматического контроля.

На современных производствах используются:

- простые датчики (манометры, манометрические термометры и т.д.);
- сложные контрольно-измерительные приборы и аппаратура (телевизионные установки, электронные мосты и потенциометры, газоанализаторы, хроматографы и т.д.), передающие показания на вторичные приборы, установленные на центральных щитах управления;

• специальные машины централизованного контроля технологических параметров, кодирования, обработки и документации собранной информации. Число точек контроля, охватываемого такими устройствами, может колебаться от нескольких десятков до нескольких тысяч.

При выборе средств контроля необходимо учитывать особенности контролируемого параметра, физико-химические свойства среды, точность измерения и возможность передачи показаний на расстояния.

### 2.7.3 Технологическая сигнализация

Различают четыре вида сигнализации:

- 1). командную;
- 2). контрольную;
- 3). предупредительную;
- 4). аварийную.

*Командная* сигнализация предназначена для передачи типовых командных сигналов от одного поста управления к другому и обратно.

*Контрольная* сигнализация служит для автоматического извещения о работе и остановке отдельных механизмов, приборов, положении запорных и регулирующих органов на коммуникациях и т.д.

*Предупредительная* сигнализация предназначена для автоматического извещения о возникновении опасных изменений режима, которые при дальнейшем их развитии могут привести к аварии, а также для предупреждения о появлении в атмосфере производственных помещений взрывоопасных и токсичных концентраций паров, газов.

*Аварийная* сигнализация служит для извещения персонала о наличии условий, способных привести к аварии. В ряде случаев аварийная сигнализация имеет два порога срабатывания (предаварийный и аварийный).

Устройства сигнализации могут быть связаны с другими устройствами автоматизации или действовать самостоятельно.

Все виды сигнализации могут быть световыми и звуковыми.

Контрольная сигнализация обычно делается световой, остальные виды – световой и звуковой. В качестве акустических сигнализаторов используют сирену, звонок, голос, записанный на электронные носители и воспроизводимый в нужные моменты.

### 2.7.4 Автоматическое управление

Устройства автоматического управления (здесь следует понимать пуск и остановку оборудования, включение и выключение исполнительных механизмов) обеспечивают своевременное начало, необходимую последовательность и прекращение отдельных операций, составляющих рабочий процесс (пуск и остановку машин, регулирующих органов, торможение, реверсирование и т.п.).

Различают:

- 1). полуавтоматический способ управления. При его реализации пуск и остановку двигателей, исполнительных механизмов и других устройств, изменения направления и скорости вращения, торможение и др. осуществляет человек, наблюдающий за технологическим процессом;
- 2). полностью автоматический способ управления – осуществляется с помощью самостоятельных устройств автоматизации или устройств, работающих параллельно (но не одновременно) с аппаратурой автоматического регу-



лирования и воздействующих, в случае необходимости на один и тот же регулирующий орган.

Автоматическое управление может осуществляться электрическим, гидравлическим и пневматическим устройствами.

### 2.7.5 Автоматическое регулирование

Устройства автоматического регулирования предназначены для поддержания (или изменения по определенным законам) заданных параметров, технологического процесса без участия человека.

В зависимости от условий устройства автоматического регулирования могут выполнять различные функции:

1). Поддерживать заданное значение регулируемой *величины постоянным*. Такой вид регулирования называется *стабилизирующим*. Он наиболее часто применяется в химической промышленности (например, автоматическое регулирование контактного аппарата с промежуточным теплообменом в производстве серной кислоты контактным методом).

2). Обеспечивать изменение регулируемой *величины* во времени. Регулирование в этом случае называется *программным*. Частным случаем программного регулирования является управление процессом вулканизации резиновых изделий в индивидуальных вулканизаторах и автоклавах. Регулятор (командный прибор) не поддерживает заданного значения параметра, а только даёт возможность соблюдать очередность выполнения отдельных операций. Для безопасного ведения процесса в этом случае устанавливают дополнительные стабилизирующие регуляторы или устройства защиты и блокировки.

3). Обеспечивать взаимосвязь регулируемой величины от других параметров технологического процесса, не зависящих от нее. Такое регулирование называется *следящим*. Примером следящего регулирования может служить регулирование двух потоков газов или жидкостей; количество газа в регулируемом потоке поддерживается пропорциональным количеству газа основного потока. Используемые в таких случаях регуляторы поддерживают расход потоков газов или жидкостей в строго определённых соотношениях.

4). Осуществлять регулирование по качественным показателям при помощи непрерывно действующих специальных автоматических анализаторов. Примером такого регулирования является автоматизация процесса непрерывной ректификации спирта.

### 2.7.6 Автоматическая защита и блокировка

Устройства автоматической *защиты* предназначаются либо для прекращения производственного процесса при нарушении режима, либо для принятия других мер по устранению опасности.

Одним из видов защиты являются устройства автоматической *блокировки*, которые делятся на две группы:

- 1). запретно-разрешающие;
- 2). аварийные.

*Запретно-разрешающие* блокировочные устройства служат для предотвращения неправильной последовательности включений и отключений механизмов и аппаратов.

*Аварийные* блокировочные устройства предназначены для автоматического последовательного отключения механизмов или участков объекта.

К *устройствам автоматической защиты* относятся, например, предохранительные клапаны, не допускающие повышения давления в аппаратах выше установленного.

К *аппаратуре автоматической защиты* относятся устройства, обеспечивающие нормальную эксплуатацию насосов. При остановке одного из параллельно работающих насосов необходимо немедленно перекрыть его трубопроводы, так как иначе остальные насосы начнут работать по замкнутому контуру и работа установки в целом нарушится.

### **2.7.7 Выбор автоматических устройств**

В связи со специфическими условиями работы различных отраслей промышленности необходимо с особой тщательностью выбирать устройства контроля и управления по степени пожаро- и взрывоопасности. Различают электрические, пневматические, гидравлические и комбинационные системы контроля и управления.

Наименее пожаро- и взрывоопасной является пневматическая система. Однако, следует учесть, что в определённых условиях (например, при давлении более 0,4 МПа и температуре вспышки смазочного масла 160°C) пневматические устройства при недостаточном отводе тепла могут представлять опасность.

Гидравлическая система вследствие применения минеральных масел в качестве рабочей жидкости является пожароопасной. В последнее время в гидравлических системах стали применять синтетические жидкости (силикатные эфирные смеси, галоидные жидкости, силиконы и др.), безопасные в пожарном отношении.

Электрические системы могут выполняться во взрывозащищенном исполнении, но это связано с их удорожанием, увеличением габаритов и веса, усложнением эксплуатации и ремонта.

Устройства контроля и управления по степени пожаро- и взрывоопасности могут быть разделены на следующие классы:

А – устройства без применения электрической энергии. Эти устройства не могут являться источниками взрыва и пожара в пожаровзрывоопасной среде. К ним относятся гидравлические системы с синтетическими рабочими жидкостями, пневматические устройства, газонаполненные манометрические термометры, манометры дифманометры (механические и с водяным заполнением), пневматические индикаторы расхода, универсальная система элементов промышленной автоматики и т.д.

Б – электрические устройства в нормальном исполнении с питанием от сухого элемента (напряжение 1,5 В и ток в цепи 40 мА). К этому классу относятся электрические термометры в комплекте с логометрами и термометры с

магнитоэлектрическими гальванометрами или переносными потенциометрами и т.д.

В – электрические устройства во взрывозащищенном исполнении. Например, сигнализаторы уровня, газоанализаторы, сигнализаторы и т.д.

Г – электрические устройства в нормальном исполнении с питанием от различных источников питания. Например, автоматические электронные мосты и потенциометры.

Применение тех или иных устройств определяется классом помещения или наружной установки по классификации ПУЭ см. раздел. 1

## 2.8 Требования к системе управления

1). Система управления должна обеспечивать надежное и безопасное функционирование производственного оборудования на всех предусмотренных режимах работы и при всех внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Система управления должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работающими последовательности управляющих действий.

На рабочих местах должны быть надписи, схемы и другие средства информации о необходимой последовательности управляющих действий.

2). Система управления производственным оборудованием должна включать средства экстренного снижения интенсивности процессов и аварийного останова (выключения), если их использование может уменьшить или предотвратить опасность

3). В зависимости от сложности управления и контроля за режимом работы производственного оборудования система управления должна включать средства *автоматической нормализации режима* работы или средства *автоматического останова*, если нарушение режима работы может явиться причиной создания опасной системы.

Система управления должна *включать средства сигнализации* и другие средства информации, предупреждающие о нарушениях функционирования оборудования, приводящих к возникновению опасных ситуаций.

Конструкция и расположение средств, предупреждающих о возникновении опасных ситуаций, должны обеспечивать безошибочное, достоверное и быстрое восприятие информации.

4). Система управления технологическим комплексом должна исключить возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц производственного оборудования, входящих в технологический комплекс, а также в случае выхода из строя какой-либо его единицы.

5). Система управления отдельной единицей производственного оборудования, входящей в технологический комплекс, должна иметь устройства, с помощью которых можно было бы в необходимых случаях (например, до окончания работ по техническому обслуживанию) заблокировать пуск в ход технологического комплекса, а также осуществить его останов.

б). Центральный пульт управления технологическим комплексом должен быть оборудован *сигнализацией*, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционировании всех единиц производственного оборудования, составляющих технологический комплекс, средствами аварийного останова всего технологического комплекса, а также отдельных его единиц, если последнее не приведёт к усугублению аварийной ситуации.

7). Центральный пульт управления должен быть расположен и оборудован так, чтобы оператор имел возможность контролировать присутствие людей в опасных зонах технологического комплекса либо чтобы система управления при нахождении людей, чтобы нахождение людей в опасной зоне исключила функционирование технологического комплекса, и каждому пуску предшествовал предупреждающий сигнал, продолжительность действия которого позволяла бы лицу, находящемуся в опасной зоне, покинуть её.

8). Командные устройства системы управления (далее – органы управления) должны быть:

- легко доступны и свободно различимы, в необходимых случаях обозначены надписями, символами или другими способами;

- сконструированы и размещены так, чтобы исключалось произвольное их перемещение и обеспечивалось надёжное, и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающих средств индивидуальной защиты;

- размещены с учётом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты использования, а также значимости функций;

- выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта с работающим соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцем, ладонью, стопой, ноги);

- расположены вне опасной зоны за исключением органов управления, функциональное значение которых (например, органов управления в процессе наладки оборудования) требует нахождения работающего в опасной зоне; при этом должны быть приняты дополнительные меры по обеспечению безопасности (например, снижение скорости движущихся частей оборудования);

9). Пуск производственного оборудования в работу, а также повторный пуск после останова, независимо от его причины должен быть возможен только путём манипулирования органом управления пуском.

Данное требование не относится к повторному пуску производственного оборудования, работающего в автоматическом режиме, если повторный пуск после останова им предусмотрен.

10). Орган управления аварийным остановом после включения должен оставаться в положении, соответствующим останову, до тех пор, пока он не будет возвращен работающим в исходное положение; его возвращение в исходное положение не должно приводить к пуску производственного оборудования.

Орган управления аварийным остановом должен быть красного цвета, отличаться формой и размером от других органов управления.

11). При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования производственного оборудования каждое положение переключателя должно соответствовать только данному режиму (например, режиму регулирования, контроля и т.п.) и надёжно фиксироваться в каждом из положений.

Если на некоторых режимах функционирования требуется повышенная защита работающих, то переключатель в таких положениях должен:

- *блокировать* возможность автоматического управления;
- движение элементов конструкции осуществлять только при постоянном приложении усилия работающего к органу управления движением;
- прекращать работу сопряженного оборудования, если его работа может вызывать дополнительную опасность;
- исключить функционирование частей производственного оборудования, не участвующих в осуществлении выбранного режима;
- снижать скорости движущихся частей производственного оборудования, участвующих в осуществлении выбранного режима.

12). Полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление, а также повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возникновению опасных ситуаций, в том числе:

- самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения;
- невыполнению уже выданной команды на останов;
- падению и выбрасыванию подвижных частей производственного оборудования и закрепленных на нём предметов (например, заготовок, инструмента и т. д.);
- снижению эффективности защитных устройств.

### **2.8.1 Требования к средствам защиты и сигнальным устройствам**

1) Средства защиты должны выполнять своё назначение в процессе функционирования производственного оборудования или при возникновении опасной ситуации.

2) Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.

3) Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.

4) Конструкция защитного ограждения должна:

- исключить возможность самопроизвольного перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего;
- не создавать дополнительные опасные ситуации;
- не снижать производительность труда.

5) Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы.

мы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.

б) Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности в соответствии с действующими стандартами.

### **2.8.2 Требования к конструкциям оборудования, обеспечивающие безопасность при монтаже, транспортировании, хранении и ремонте**

1) При необходимости использования грузоподъемных средств, в процессе монтажа, транспортирования, хранения, ремонта на производственном оборудовании и его отдельных частях должны быть обозначены места для присоединения грузоподъемных средств и поднимаемая масса.

2) Места присоединения грузоподъемных средств должны быть выбраны с учётом *центра тяжести* оборудования (его частей) так, чтобы исключить возможность повреждения оборудования при подъёме и перемещении и обеспечить удобный и безопасный подход к ним.

3) Конструкция производственного оборудования и его частей должна обеспечивать возможность надёжного их закрепления на транспортном средстве или в упаковочной таре.

4) Сборочные единицы производственного оборудования, которые при загрузке (разгрузке), транспортировании и хранении могут самопроизвольно перемещаться, должны иметь устройства для фиксации в определённом положении.

5) Производственное оборудование и его части, перемещение которых предусмотрено вручную, должно быть снабжено устройствами (например, ручками) для перемещения или иметь форму, удобную для захвата рукой.

### **2.8.3 Общие требования к содержанию эксплуатационной документации в части обеспечения безопасности производственного оборудования**

В общем случае эксплуатационная документация в части обеспечения безопасности должна содержать:

- спецификацию оснастки, инструмента, и приспособлений, обеспечивающих безопасное выполнение всех предусмотренных работ по монтажу (демонтажу), вводу в эксплуатацию и вывод из эксплуатации;

- правила монтажа (демонтажа) и способы предупреждения ошибок, приводящих к нарушению режима эксплуатации;

- фактические уровни шума, вибрации, излучений, концентраций вредных веществ и других опасных и вредных факторов, генерируемых производственным оборудованием в рабочую зону и окружающую среду;

- порядок ввода в эксплуатацию и способы предупреждения возможных ошибок, приводящих в опасным ситуациям;

- граничные условия внешних воздействий (температуры, атмосферного давления, влажности, солнечной радиации, вибрации, ударов и т.п.), при которых безопасность оборудования сохраняется;

- правила управления оборудованием на всех предусмотренных режимах его работы и действия работающего в случаях возникновения опасных ситуаций;

- требования к обслуживающему персоналу по использованию средств индивидуальной защиты;

- способы своевременного обнаружения отказов встроенных средств защиты и действия работающего в этих случаях;

- регламент технического обслуживания;

- правила обеспечения пожаровзрывобезопасности;

- правила обеспечения электробезопасности;

- требования, связанные с обучением работающих (включая тренаж), а также требования к возрастным и другим ограничениям.

#### **2.8.4 Требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте**

В соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» 116-ФЗ от 21.07.1997 установлены особые дополнительные требования к организациям, которые должны обеспечить безопасность при изготовлении и эксплуатации производственного оборудования (технических устройств).

1) Технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на ОПО, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности в установленном в Российской Федерации порядке. Перечень технических устройств, применяемых на ОПО и подлежащих сертификации, разрабатывается и утверждается в порядке, определённом Правительством Российской Федерации.

2) Сертификацию технических устройств, применяемых на ОПО, проводят организации, аккредитованные федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности (Ростехнадзором).

3) Технические средства, применяемые на ОПО, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке.

4) В соответствии с ПБ 03-517-02:

- различные виды (типы) технических устройств до начала их применения на ОПО проходят приёмочные испытания, осуществляемые приёмочной комиссией в установленном порядке;

- на основании результатов проведённых приёмочных испытаний и сертификата соответствия требованиям промышленной безопасности Ростехнадзор выдаёт разрешение на применение конкретного вида (типа) технического устройства в установленном им порядке;

- при ремонте и наладке устройств на ОПО обеспечивается ведение этих работ на основе требований соответствующих регламентов, а также соблюдение установленных процедур планирования, проверки качества и учёта ремонтных и наладочных работ;

- по достижении срока эксплуатации, установленного в технической документации, дальнейшая эксплуатация технического устройства не допускается без проведения работ по продлению ее срока в порядке установленном Ростехнадзором.

## 2.9 Эксплуатация производств, техническое обслуживание

Правильная эксплуатация производств и организация технического обслуживания имеют большое и, как правило, решающее значение для обеспечения его безопасности. Эксплуатация производств производится в соответствии с технической и технологической документацией, разработанной для конкретного объекта.

Техническая документация – совокупность документов, используемых для организации и осуществления производства, испытаний, эксплуатации и ремонта зданий и различных сооружений.

Основные виды технической документации: проектная и рабочая (в строительстве), конструкторская и технологическая (в промышленности), а также нормативно-техническая.

Технологическая документация – графические и текстовые документы, которые определяют технологические процессы изготовления продукции. К технологической документации относятся технологические карты, маршрутные карты, операционные карты, чертежи и другие документы, используемые в основном производстве, а также конструкторская документация, ведомости, заказы и нормы расхода материалов, полуфабрикатов, инструментов и т.п.

Технологическая документация, в том числе, технологический регламент обеспечивает высокую производительность, качество продукции, безопасность и санитарные условия производства.

Техническое обслуживание – этап эксплуатации, включающий организацию и технические мероприятия, направленные на поддержание надёжности и готовности используемого или хранящегося оборудования. В техническое обслуживание входят работы по непосредственному обеспечению работоспособности оборудования (профилактика, текущий ремонт, контрольные мероприятия), а также конкретные мероприятия технической подготовки к работе (развёртывание, регулирование, заправка, смазка и т.д.) и другие работы, большую часть которых выполняют без снятия и разборки отдельных узлов и агрегатов.

Для безаварийной и бесперебойной работы оборудования необходимы:

- постоянный квалифицированный надзор;
- периодическое проведение осмотров;
- правильное текущее обслуживание;
- периодическое проведение чисток, ремонтов и испытаний.

Текущее *обслуживание* оборудования заключается в повседневном надзоре за его состоянием, а также за состоянием арматуры, трубопроводов, фланцевых соединений, контрольно-измерительных приборов; в своевременной смазке и чистке оборудования, подтяжке и набивке сальниковых уплотнений.

К текущему *надзору* относятся: проверка наличия ограждений, продувка предохранительных клапанов, проверка исправности тормозных устройств, си-



стем аварийных остановок, сигнальных и блокировочных устройств, вентиляционных систем, а также проверка наличия и исправности средств огнетушения.

Текущее обслуживание и надзор осуществляется производственным персоналом в соответствии с заранее разработанными инструкциями для каждого рабочего места. При приёме смены обязательно проверяют состояние оборудования и действие всех предохранительных устройств.

Проверка качества *ремонтов* в условиях действующих производств связано с опасностями. Например, полностью удалить опасные технологические среды не всегда бывает возможно. Ремонтные рабочие при разработке оборудования, трубопроводов и различных конструкций соприкасаются с химическими веществами, особенно при аварийных работах. Практика показывает, что травматизм при ремонтных работах, например, в химической промышленности, составляет 40-45% от общего количества несчастных случаев.

Ремонтные работы подразделяются на: текущий, средний и капитальный. Указанные виды ремонта в целом составляют систему планово-предупредительного ремонта.

### 2.9.1 Система планово-предупредительного ремонта

Совокупность организационно-технических мероприятий по надзору и уходу за оборудованием (включая коммуникации) и по его ремонту, осуществляемая в плановом порядке, называется системой планово-предупредительного ремонта (ППР). Основными её задачами являются:

- а). предупреждение преждевременного *износа* оборудования и поддержание его в работоспособном состоянии;
- б). предупреждение аварий.

Основой системы ППР является *периодичность ремонта*, все виды которого выполняются в заранее установленной последовательности *через определённое количество проработанных агрегатов - (машино) – часов*. Для каждого вида оборудования нормируется время его работы в часах между ремонтами (межремонтные сроки пробега). Содержание каждого ремонта устанавливается предварительно в соответствии с типовым содержанием данного вида ремонта и корректируется в процессе его проведения в зависимости от выявленного состояния отдельных деталей и узлов.

Система ППР оборудования включает следующие виды ремонтов:

- текущий;
- средний;
- капитальный.

Всем этим ремонтам предшествует период *межремонтного обслуживания*. Основой его является организация квалифицированной эксплуатации оборудования между ремонтами и повседневный контроль за соблюдением правил его технической эксплуатации.

При *текущем ремонте* производится разборка лишь отдельных узлов машин и аппарата, и тщательно проверяются состояние и действие деталей, осо-

бенно несущих переменную динамическую нагрузку; регулируемых деталей (затяжных втулок, подшипников), масляной и охлаждающей системы, пусковых приспособлений, сальников различных уплотнений, арматуры, а также состояние поверхностей, подверженных коррозии, состояние изоляции, контактов. Обнаруженные во время ремонта дефекты немедленно устраняют.

В *средний ремонт* входят: ремонт отдельных узлов с заменой части деталей, перезаливка подшипников, смена прокладок, уплотнений и крепёжных деталей, проточка штоков, смена поршневых колец, ремонт футеровок и антикоррозийных покрытий с частичной или полной заменой, освидетельствование аппаратов, работающих под давлением, и сдача их.

При *капитальном ремонте* производится восстановление или замена изношенных аппаратов, машин или крупных узлов и деталей, замена трубопроводов и контрольно-измерительных приборов. Во время капитального ремонта производится модернизация оборудования, устанавливают новые приспособления и устройства для механизации и автоматизации трудоёмких и опасных работ.

Техническое обслуживание предусматривает комплекс работ по обеспечению работоспособности оборудования между ремонтами, в том числе при устранении неполадок, не требующих остановки производства, и осуществляется обслуживающим и технологическим персоналом в соответствии с требованиями нормативно-технической документации по техническому обслуживанию и эксплуатации оборудования.

В процессе ремонта оборудования производятся соответствующие виды контроля с применением наиболее эффективных средств диагностики, промежуточные и индивидуальные испытания. Результаты контроля и испытаний отражаются в соответствующих исполнительных документах. При положительных результатах индивидуального испытания (обкатки) оборудования и при соответствии исполнительной документации нормативным требованиям производятся оценка качества ремонта по каждой единице оборудования и приёмка его в эксплуатацию.

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

Объект (блок, установка), ремонт которого закончен, принимается по акту комиссией и допускается к эксплуатации после проверки сборки технологической системы, снятия заглушек, испытания систем на герметичность, проверки работоспособности систем сигнализации, управления и ПАЗ, эффективности и времени срабатывания междублочных отключающих (отсекающих) устройств, наличия и исправного состояния средств локализации пламени и предохранительных устройств, соответствия установленного электрооборудования требованиям нормативных документов по устройству электроустановок и требуемой эффективности работы вентиляционных систем.

Акт о приёмке из ремонта объекта, разрешающий его пуск в эксплуатацию, утверждается в установленном порядке.

Оценка качества ремонта оборудования (кроме техобслуживания и текущего ремонта) определяется заказчиком и исполнителем ремонта с участием работника технического надзора организации, эксплуатирующей производственные объекты, и указывается в акте на сдачу оборудования из ремонта.

На опасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производственных объектах ремонтные работы производятся в соответствии с Положением РДИ 09-(501-250-02), разработанным на основании требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Оно определяет порядок проведения ремонта основных производственных фондов (оборудования, трубопроводов, производственных зданий и сооружений) на территории действующих предприятий и организаций, а также ответственность (и взаимосвязь) должностных лиц за обеспечение безопасных условий при выполнении ремонтных работ.

Положение о порядке проведения ремонтных работ согласуется с действующими правилами, нормами и положением о системе планово-предупредительного ремонта оборудования, техническим условиям на проведение ремонта, инструкциям по проведению газоопасных и огневых работ и т.д.

Ремонтные работы включают в себя комплекс работ:

- восстановительного характера – строительные, монтажные и пусконаладочные;
- по техническому диагностированию оборудованию.

При техническом обслуживании и проведении ремонта руководящим документом является «Система технического обслуживания и ремонта оборудования предприятий химической промышленности». В неё включен комплекс взаимосвязанных положений и норм, определяющих организацию и порядок проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования в конкретных условиях эксплуатации.

Одной из основных задач системы является поддержание оборудования в работоспособном состоянии и предотвращение неожиданного выхода из строя, т.е. в конечном итоге – создание условий безаварийной и безопасной эксплуатации оборудования.

В основу Системы положено сочетание технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта.

## **2.10 Общие требования к выбору и конструированию оборудования**

При конструировании производственного оборудования, отвечающего требованиям безопасной эксплуатации, должны выполняться следующие основные требования:

- 1) достаточная механическая прочность при заданных давлениях и температуре технологического процесса с учетом специальных требований, предъявляемых при испытании аппаратов (на прочность, герметичность и т.п.) и при

эксплуатации (воздействие на аппараты различного рода дополнительных нагрузок: ветровой, прогибов от собственного веса и т.д.);

2) достаточная общая химическая и коррозионная стойкость материала в агрессивной среде с заданной концентрацией, температурой и давлением, при которых осуществляется технологический процесс, а также стойкость против других возможных видов коррозионного разрушения (электрохимическая коррозия сопряженных металлов в электролитах, коррозия под напряжением и др.);

3) наилучшая способность конструктивного материала оборудования свариваться с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений и коррозионной стойкости их в агрессивной среде;

4) во избежание загорания перерабатываемого вещества в оборудовании должно быть предусмотрено:

- наличие гарантированных зазоров между рабочими органами и корпусом, где они помещаются;

- наличие устройств, предохраняющих аппарат от попадания в него посторонних предметов;

- отсутствие в аппаратах застойных зон, где может неконтролируемо долго задерживаться пожаро- и взрывоопасное вещество;

- отсутствие возможности пробкообразования, например, в шнековых прессах, транспортерах и т.п.;

5) герметизация оборудования являющаяся одним из важнейших условий предупреждения взрывов и пожаров. Обеспечение непроницаемости стенок и соединений аппаратов и трубопроводов, в которых содержатся порошки, жидкости газы. Недостаточная герметизация может вызвать утечки из аппаратов и коммуникаций в окружающую среду или подсос воздуха в аппаратуру, находящуюся под вакуумом. В том и другом случаях при определенных условиях может произойти взрыв и пожар. Герметичность оборудования должна проверяться как при его монтаже, так и в процессе эксплуатации по существующим методикам.

### **2.10.1 Механическая прочность оборудования**

Механическое и технологическое оборудование при недостаточной прочности подвергается разрушению, при этом поломки машин и аппаратов часто сопровождается авариями и несчастными случаями. Для безопасной эксплуатации оборудования особо важное значение имеет механическая прочность материалов, из которых оно изготовлено.

Под *механической прочностью* подразумевают способность материала, детали или конструкции сопротивляться разрушению под действием внешней нагрузки. Выносливостью металла называется свойство выдерживать, не разрушаясь, большое число повторных знакопеременных нагрузок.

Выбор материала для изготовления оборудования должен производиться с учетом условий его эксплуатации и возможности изменения свойств материала, в результате протекающих в аппаратах технологических процессов.

Основными показателями, определяющими механическую прочность материалов, являются:

- временное сопротивление (предел прочности);
- предел текучести;
- предел длительной прочности.

Для работы при отрицательных температурах дополнительным важным фактором является ударная вязкость материала. Косвенными показателями, характеризующими механические свойства материала, могут служить удлинение при разрыве (в %) и твердость (способность материала сопротивляться проникновению в него другого, не получающего остаточных деформаций тела), которая измеряется методами Бринелля, Роквелла.

Характеристикой механической прочности оборудования служит *коэффициент запаса прочности* ( $n$ ), представляющий собой отношение предела прочности или предела текучести к действительной (расчетной) нагрузке или напряжению (2.1):

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{\sigma}^t}{\sigma^*}; n_{\sigma_T} = \frac{\sigma_T^t}{\sigma^*}, \quad (2.1)$$

где  $\sigma_{\sigma}^t$  – предел прочности;

$\sigma_T^t$  – предел текучести;

$\sigma^*$  – допускаемое расчетное напряжение в стенке оборудования.

Коэффициенты запаса прочности устанавливаются на основании опыта и экспериментальных данных с учетом всех условий работы, влияющих на прочность конструкции.

Расчет сосудов и аппаратов на прочность производится по ГОСТ 14249-89 (СТСЭВ 1041-88). «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность». Настоящий стандарт устанавливает нормы и методы расчета на прочность цилиндрических обечаек, конических элементов, днищ и крышек сосудов и аппаратов из углеродистых и легированных сталей.

### 2.10.2 Коррозионная стойкость оборудования.

Коррозия может служить одной из возможных причин аварий, поломок и разрушений оборудования и коммуникаций.

Коррозионные процессы отличаются большой сложностью, протекают неравномерно в различных металлах и сплавах и зависят от температуры, активности коррозирующего материала, давления среды, наличия влаги, веществ замедляющих (ингибиторы) или ускоряющих (стимуляторы) коррозию.

Коррозия большинства технических металлов и сплавов рассматривается как химический или электрохимический процесс, вызываемый действием среды на металлическую поверхность.

В зависимости от характера разрушения материалов различают следующие основные виды коррозии:

- сплошная коррозия, представляющая собой равномерное разрушение поверхности изделия;
- местная (локальная) коррозия, к которой относятся: точечная или перфорирующая, неравномерная коррозия, полосчатая, язвенная и коррозия пятнами;
- межкристаллическая коррозия, при которой разрушение происходит по границам зерен (кристаллов) металла ослабляя связь между ними;
- избирательная или селективная коррозия, при которой разрушаются только отдельные составляющие или компоненты сплава.

Основным показателем при определении скорости коррозии является коррозионная проницаемость или глубина разрушения металла при равномерной коррозии, выраженная в мм/год.

Расчет коррозионной проницаемости производят по формуле (2.2):

$$\Pi = \frac{K \times 8,76}{\rho}, \quad (2.2)$$

где  $\Pi$  – проницаемость, мм/год;

$K$  – потери массы материала при равномерной коррозии, г/(м<sup>2</sup>×г);

$\rho$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

8,76 – коэффициент пересчета на 1000 г  $\left(\frac{24 \times 365}{1000}\right)$ .

В таблице 2.5 приведены максимально допустимые значения коррозионной проницаемости материалов для изготовления аппаратуры и оборудования, принятые в химической промышленности [...].

Если проницаемость превышает указанные величины, а также в случае возникновения неравномерной коррозии необходима специальная защита от действия агрессивной среды.

Ориентировочный срок службы химического оборудования приведены в таблице 2.6.

Для обеспечения необходимой коррозионной стойкости оборудования и коммуникаций подбирают соответствующие характеру технологического процесса материалы:

1) специальные стали: высоколегированные хромом, никелем, молибденом и другими элементами (коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные).

2) двухслойные стали, у которых основной, воспринимающей механическую нагрузку, служит углеродистая сталь (ст. 3, 16 ГС и др.), а защитный коррозионностойкий слой толщиной 2-3 мм выполняется из специальной стали (ОХ13, Х18Н10Т, Х17Н13М2Т и др.)

Таблица 2.5 - Максимальные допустимые значения коррозионной проницаемости.

/п	Оборудование	Коррозионная проницаемость, мм/год
.	воздуховоды	0,05
.	любые аппараты и машины	0,1
.	любые аппараты и машины из нелегированных черных металлов	0,2
.	аппараты несложной конструкции (емкости, мерники, отстойники), газоходы	0,3
.	материальные трубопроводы	0,5
.	смешанные детали (мешалки, детали насосов, вентиляторы, крышки аппаратов)	1,5
.	детали из чугуна (мешалки, детали насосов, вентиляторы, крышки аппаратов)	3,0
.	часто сменяемые детали (сифоны и т.п.)	6,0

Таблица 2.6 - Срок службы химического оборудования

/п	Оборудование	Ориентировочный срок службы, лет
.	аппараты для хранения веществ (хранилища, баки)	25
.	сосуды для транспортировки веществ, измерения и дозировки (мерники, цистерны и др.)	20
.	выпарные аппараты, кристаллизаторы, отстойники, подогреватели, холодильники и т.п.	15
.	реакционная аппаратура (автоклавы, реакторы)	10

3) коррозионностойким является также следующее оборудование и коммуникации:

- эмалированные стальные и чугунные реакционные аппараты, трубы и теплообменные погружные элементы;
- фарфоровые и стеклянные изделия (реакционная аппаратура, насадочные колонны, трубы, арматура, центробежные насосы);
- керамические изделия (химическая аппаратура, фильтры, трубы, центробежные насосы);
- графитовые изделия (теплообменная аппаратура, детали фильтров, трубы, электролизные ванны).

4) для защиты от коррозии в качестве футеровки применяют: диабазовую плитку, кислотоупорную керамику (на жидком стекле).

5) высокой прочностью и химической стойкостью обладают специальные замазки, имеющие объединяющие название «Арзамит» (кислотоупорный самозатвердевающий материал на основе фенол-формальдегидных смол и наполнителя – кварцевая мука или графит).

6) коррозионностойкими являются также фаялит, текстолит, винипласт, полиизобутилен и др. Эти материалы применяют при устройстве вентиляционных воздуховодов и газопроводов, работающих в условиях агрессивных сред (сернистый газ, пары соляной кислоты, фтористый водород, окислы азота и т.п.)

### 2.10.3 Герметичность оборудования

*Герметизация* (от имени легендарного египетского мудреца Гермеса Трижды величайшего, которому, в числе прочего, приписывалось искусство прочной закупорки сосудов) – обеспечение непроницаемости стенок и соединений в аппаратах, машинах, сооружениях и емкостях для жидкостей и газов.

Герметичность имеет важное значение для безопасной работы оборудования и коммуникаций.



Утечки зависят от размеров и характера неплотностей, разности давления снаружи и внутри аппаратов, а также от физических свойств рабочей среды. Соединения отдельных деталей аппаратов и коммуникаций являются наиболее вероятными местами утечки.

Для работы с особо вредными, взрыво- и пожароопасными веществами используются следующие специальные конструкции герметических соединений:

1) аппаратура и коммуникации выполняются сварными с минимальным числом разъемных соединений; месторасположение последних определяется соображениями удобства монтажа отдельных узлов, а также проведение чисток и ремонтов;

2) для уплотнения широко применяют легкодеформируемые прокладочные материалы, обладающие достаточной упругостью: картон, резина, асбест, хлорвинил, тетрафторэтилен, тефлон, свинец и др. материалы.

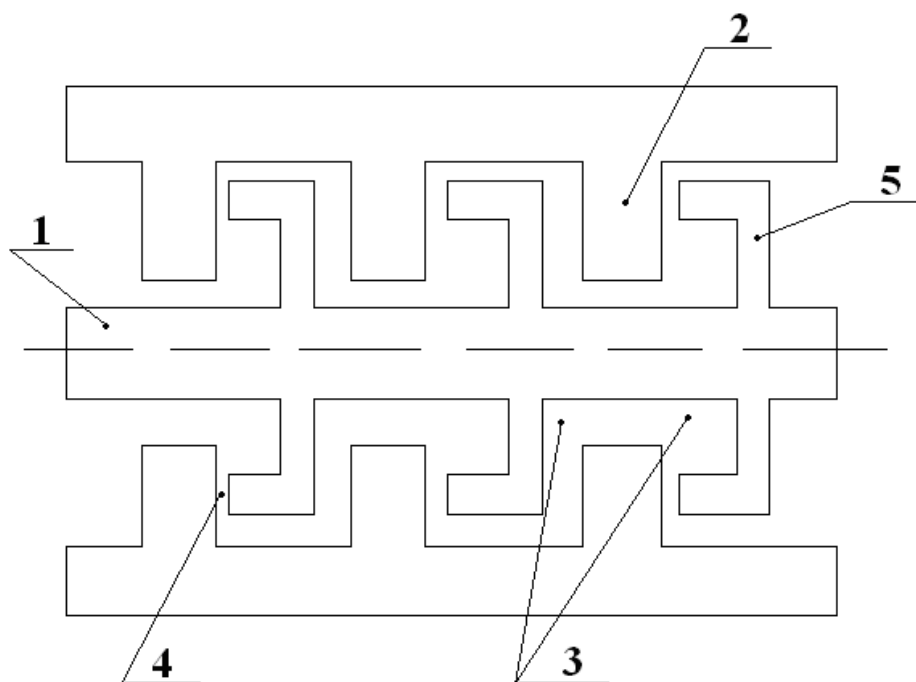
*Прокладки* зажимают обработанными поверхностями фланцев и затем стягивают их болтами. Однако под влиянием внутреннего давления мягкие прокладки могут быть разорваны и выдавлены из гладкого фланцевого соединения. Для увеличения поверхности соприкосновения, создание лучшей герметичности и предотвращения выдавливания прокладок на поверхности фланцев вытачивают риски, уступы или канавки и гребень, прочно удерживающие прокладки.

3) для уплотнения вращающихся валов и штоков, совершающих поступательно-возвратное движение используют:

- уплотнения с постоянным малым зазором;
- лабиринтные уплотнения;
- сальниковые набивки, манжеты и кольца.

*Уплотнения с постоянным малым зазором* получают путем точной шлифовки-притирки деталей. Такие уплотнения применяют только при работе с чистыми жидкостями и газами и при отсутствии значительных температурных колебаний (в масляных и топливных насосах, точных приборах и в аппаратуре из стекла и керамики).

*Лабиринтные уплотнения* – это уплотнения, в которых потери напора достигаются многократным чередованием последовательно расположенных зазоров и расширительных камер см .рис.2.5.



1 – вал с гребенкой; 2 – неподвижная гребенка; 3 - камера расширения;  
4 - зазоры; 5 – гребенка вала

Рисунок 2.1 - Схема лабиринтного уплотнения

При этом подвижные и не подвижные части системы не соприкасаются и не нуждаются в смазке. Протекающий через зазоры газ или пар в расширительных камерах теряет скоростной напор и поступает в следующую щель с более низким давлением. Лабиринтные уплотнения применяют при больших скоростях вращения валов и высоких температурах уплотняемой среды. Зазоры составляют не менее  $0,2 \div 0,5$  мм., чтобы при прогибе вала, термических расширениях и износе подшипников избежать трения.

К лабиринтным уплотнениям относятся поршневые кольца, уплотняющие поршни в цилиндрах насосов и компрессоров.

Лабиринтные уплотнения применяют в газодувках, турбинах, вращающихся трубчатых сушилках, кристаллизаторах и печах.

Уплотнения в виде сальниковых набивок – шнур выполняют из бумаги, асбеста, стеклянных нитей, резины, хлорвинила, полиэтилена, фторорганических соединений. Волокнистые набивки пропитывают смазочными материалами, жирами, парафином и графитом. Для повышения упругости и плотности прилегания в набивку вводят свинцовую и медную проволоки или пластинки, а также шнуры из резины, полихлорвинила, нейлона. Толщина слоя набивки находится пределах от 3 до 20 мм. При уплотнении быстро движущихся валов принимают наибольшую толщину слоя, особенно при наличии в аппаратах газовой среды.

При высоких давлениях, больших скоростях движения (порядка 1м/с) и температурах до  $70^{\circ}\text{C}$  используют уплотнения в виде манжет, воротников. Такие уплотнения выполняют из кожи, резины или полихлорвинила (до  $60^{\circ}\text{C}$ ).

Находят применение также металлические манжетные кольца. При достаточно больших давлениях манжеты автоматически прижимаются к уплотняемой поверхности и таким образом создается хорошая герметичность. Конструкции манжетного уплотнения применяются для самоуплотнения плунжеров в гидравлических прессах, насосах, вулканизационных котлах и других аппаратах.

#### 2.10.4 Испытание оборудования на герметичность

Оборудование и трубопроводы, выдержавшее предварительное гидравлическое испытание на прочность, испытывают затем, как правило, на герметичность: арматуру и приборы на стендах; аппараты и коммуникации – на месте при полной сборке установок.

Вновь установленные, не бывшие на работе аппараты, а также аппараты после очистки и анализа в них среды испытывают на герметичность сжатым воздухом, азотом или другим инертным газом.

При достижении в испытуемом агрегате рабочего давления подачу воздуха или инертного газа прекращают и устанавливают наблюдение за падением давления. Вновь установленные агрегаты или аппараты наблюдают не менее 24 ч.

Степенью герметичности называется отношение конечного давления к начальному давлению, отнесенному к единице времени, выраженное в процентах.

Потери герметичности при испытаниях аппаратуры определяют по формуле:

$$n = \frac{100}{\tau} \left( 1 - \frac{P_2 T_1}{P_1 T_2} \right), \quad (2.3)$$

где  $n$  – потеря (падение) герметичности, %

$T_1$  – температура в начале испытания, °К;

$T_2$  – температура в конце испытания, °К;

$P_1$  – начальное давление, кг/см<sup>2</sup>;

$P_2$  – конечное давление, кг/см<sup>2</sup>;

$\tau$  – продолжительность испытания, ч.

Результаты испытания на герметичность считают удовлетворительными, если падение давления за 1 час не превышает 0,2 % для вновь установленных аппаратов и 0,5% - при периодических испытаниях.

При испытании на герметичность межцеховых газопроводов с условным диаметром до 250 мм допустимыми считаются потери давления:

а) в трубопроводах для токсических горючих газов – 0,1% в час;

б) в трубопроводах для прочих горючих и сжиженных газов – 0,2% в час.

При испытании газопроводов с условным диаметром более 250 мм нормы падения давления определяются умножением приведенных величин (указанных в п. а, б) на поправочный коэффициент, который определяется формулой (2.4):

$$K = \frac{250}{D_{\text{вп}}} \quad (2.4)$$

где  $D_{\text{вп}}$  – внутренний диаметр испытуемого газопровода, мм.

Существуют различные способы обнаружения мест утечки:

1) на практике применяют способ обмазывания всех сварных швов, разъемных соединений и предполагаемых мест утечки мыльной водой. По пузырькам мыльной пены обнаруживают выделение газа;

2) места утечки углекислого газа, хлора, хлористого водорода определяют при помощи аммиака по белому дыму углекислого или хлористого аммония;

3) аппаратуру и трубопроводы, работающие при глубоком вакууме и требующие особо высокой степени герметичности, проверяют с помощью приборов – течеискателей. Наиболее распространенными являются гелиевый течеискатель. После создания стабильного вакуума места соединений обдувают в течение непродолжительного времени гелием (из баллона). При негерметичности системы присоединенный к ней коротким трубопроводом массоспектрометрический течеискатель показывает отсутствие в ней гелия.

4) аппаратура, работающая под вакуумом, испытывается гидравлически под давлением 0,2 МПа и пневматически воздухом или инертным газом под давлением 0,1 МПа с покрыванием мылом сварных швов и разъемных соединений;

5) для течей в системах, находящихся под давлением, применяют ручной универсальный катарометрический течеискатель (типа «Рутик»). Датчиком является катарометр – прибор, широко применяемый в анализаторах газовой хроматографии;

6) для своевременного обнаружения утечки из аппаратов опасных газов, не имеющих запаха, к ним примешивают сильнопахнущие продукты – одоранты (не токсичные, легкоиспаряющиеся, не вызывавшие коррозию и слабоадсорбируемые). Таким комплексом свойств обладают  $\alpha$ -этил –  $\beta$ -пропилакролены и некоторые смеси органических меркаптанов и сульфидов, выпускаемые под различными названиями (калодорант, пенталарм, сульфан). На 1000 м<sup>3</sup> (при 0<sup>0</sup>С и 0,1 МПа) природного газа добавляют 16 – 30 г одорантов.

### **2.10.5 Общие требования к безопасности конструкции производственного оборудования**

К общим требованиям безопасности к *конструкции оборудования* относятся следующие основные положения:

1. Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать *опасное и вредное воздействие* на обслуживающий персонал при всех заданных режимах работы, предусмотренных условиями эксплуатации, а так же создавать пожаровзрывоопасные ситуации;

2. Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы *нагрузки на детали* и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих;

3. *Движущиеся части* оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены и расположены так, чтобы исключилась возможность прикосновения к ним работающего. В случае необходимости должны быть использованы другие средства (например двуручное управление), предотвращающие травмирование;

4. Конструкция оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их *падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения* при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа (демонтажа);

5. Элементы конструкции оборудования не должны иметь *острых углов, кромок, заусенцев*, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих;

6. Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы, гидро-, паро-, пневмосистемы, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может *вызвать возникновение опасности*, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания;

7. Производственное оборудование должно быть *пожаровзрывобезопасным* в предусмотренных условиях эксплуатации.

Технические средства и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности, мероприятия по предотвращению образования пожаро- и взрывоопасной среды, исключению образования источников зажигания и инициирования взрыва, предупредительная сигнализация, система пожаротушения, аварийная вентиляция, герметические оболочки, аварийный слив горючих жидкостей и стравливание горючих газов, размещение оборудования или его отдельных частей в специальных помещениях, должны выбираться в соответствии с стандартами, техническим условиям и эксплуатационным документам на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок);

8. Конструкция оборудования, приводимого *в действие электрической энергией*, должна включать устройства (средства) для обеспечения электробезопасности.

9. Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы *исключить накопление зарядов статистического электричества* в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва;

10. Производственное оборудование, действующее с помощью *неэлектрической энергии* (например гидравлической, пневматической, энергии пара), должно быть выполнено так, чтобы все опасности, вызываемые этими видами энергии, были исключены;

11. Производственные оборудование, являющиеся источником *вибра-акустических колебаний*, должны быть выполнены так, чтобы в предусмотр-

ренных условиях и режимах эксплуатации они не превышали установленные стандартами допустимые уровни;

12. Производственное оборудование, работа которого сопровождается *выделением врезных веществ* (в том числе пожаровзрывоопасных) и (или) вредных микроорганизмов, должно включать встроенные устройства для их удаления или обеспечивать возможность присоединения к производственному оборудованию удаляющих устройств, не входящих в конструкцию.

Устройство для удаления вредных веществ и микроорганизмов должно быть выполнено так, чтобы *концентрация* вредных веществ и микроорганизмов в рабочей зоне, а также их выбросы в природную *среду не превышали значений*, установленных стандартами и *санитарными нормами*. В необходимых случаях должна осуществляться *очистка и (или) нейтрализация выбросов*;

13. Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы воздействие на работающих *вредных излучений* было исключено или ограничено безопасными уровнями.

При использовании *лазерных устройств* необходимо:

- исключить непреднамеренное излучение;
- экранировать лазерные устройства так, чтобы была исключена опасность для здоровья работающих;

14. Конструкция производственного оборудования и (или) его размещение должны *исключить контакт горячих частей с пожаровзрывоопасными веществами*, если такой контакт может явиться причиной пожара или взрыва, а также исключить возможность *соприкосновения человека с горячими или переохлажденными частями* или нахождение в непосредственной близости от таких частей, если это может повлечь за собой травмирование, перегрев или переохлаждение работающего;

15. Конструкция производственного оборудования должна *исключать опасность*, вызываемую *разбрызгиванием* горячих обрабатываемых и (или) используемых при эксплуатации материалов и веществ.

Если конструкция не может полностью обеспечить исключение такой опасности, то эксплуатационная документация должна содержать требования об использовании средств защиты, не входящих в конструкцию;

16. Производственное оборудование должно быть оснащено местным освещением, если его отсутствие может явиться причиной перенапряжения органа зрения или повлечь за собой другие виды опасности.

*Требования к рабочим местам.*

1). Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании оборудования по назначению, техническом обслуживании, ремонте и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.

Необходимость *наличия* на рабочих местах *средств пожаротушения* и других средств, используемых в аварийных ситуациях, должна быть установлена в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных групп, видов, марок.

Если для защиты от неблагоприятных воздействий опасных и вредных производственных факторов в состав рабочего места входит *кабина*, то ее конструкция должна обеспечивать необходимые защитные функции, включая создание оптимальных микроклиматических условий, удобство выполнения рабочих операций и оптимальной обзор производственного оборудования и окружающего пространства.

2). Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение производственных операций в удобных рабочих позах и не затруднять движение работающего.

Конструкция кресла и подставки для ног должны соответствовать эргономическим требованиям.

Если расположение рабочего места вызывает необходимость перемещения и (или) нахождение работающего *выше уровня пола*, то конструкция должна предусматривать площадки, лестницы, перила и другие устройства, размеры и конструкции которых должны исключать возможность падения работающих и обеспечивать удобное и безопасное выполнение трудовых операций, включая операции по техническому обслуживанию.

### **2.11 Износ оборудования и его влияние на безопасность труда**

Износ – изменение размеров, формы, массы или состояния поверхности изделия (оборудования) вследствие разрушения (изнашивания) поверхности слоя изделия при трении. Износ деталей машин, конструкций зависит от условий трения и свойств материала изделий. Различают абразивный, кавитационный, контактно-усталостный и другие виды износа.

В химических производствах происходит повышенный износ оборудования, так как на него воздействуют не только механические факторы, но и химическая коррозия. Разрушение (износ) аппаратуры и трубопроводов ускоряются под влиянием высоких температур и давлений.

Повышенный износ может привести к разгерметизации трубопроводов, арматуры, сосудов, резервуаров, прокладок, сальников, манжет, предохранительных и защитных устройств и т. п., в результате которых может происходить вытекание или выброс технологической среды из аппаратов и коммуникаций с последующим развитием аварийных ситуаций представленных в таблице 2.7

Таблица 2.7– Возможные сценарии аварий в результате разгерметизации оборудования.

Исходная причина	Отказ оборудования	Следствие	Технологическая среда	Промежуточное событие	Аварийная ситуация
Износ оборудования и его элементов, коммуникаций	Частичная разгерметизация или полное разрушение	Вытекание или выброс технологической среды из оборудования в окружающую среду	Газовая фаза	Загазованность помещения	а). Отравление атмосферы б). Взрыв в помещении
				Образование облака на открытой площадке	а). Распространение токсичного облака б). Взрыв в облаке
				Вытекание струи	Факельное горение струи
			Жидкая фаза	Образование пролива и загазованность помещения	а). Отравление атмосферы б). Пожар пролива в). Взрыв в объеме помещения
				Образование пролива на открытой площадке	а). Пожар пролива б). Образование тумана (облака) в). Взрывное горение облака г). Заражение грунта
			Твердая фаза	Запыленность помещения, отложение пыли	а). Взрыв в помещении пылевоздушной смеси б). Загорание пылевых отложений



### 2.11.1 Методы снижения износа производственного оборудования

Технические решения по снижению износа производственного оборудования производятся, как правило, на стадиях:

- проектирования производства;
- изготовления оборудования;
- сборки и монтажа оборудования;
- эксплуатации производства.

К основным методам снижения износа производственного оборудования относятся:

1). Выбор металлических конструкционных материалов для изготовления машин, аппаратов, сборочных деталей и т.п. с учётом условий эксплуатации и специфики производства, обеспечивающих следующие общие основные требования:

- достаточную общую химическую и коррозионную стойкость в агрессивной среде;
- достаточную механическую прочность при заданных давлениях и температуре технологического процесса;
- наилучшую способность материала свариваться с обеспечением высоких механических свойств сварных соединений и коррозионной стойкости их в агрессивной среде;
- малую склонность к износу.

Для изготовления аппаратуры применяются следующие стали, удовлетворяющие вышеуказанным общим требованиям:

- коррозионно-стойкие (нержавеющие) – стали стойкие против электрохимической коррозии, т.е. разрушения под действием электролитов;
- жаростойкие – стали стойкие против химической коррозии в газовых средах при температуре выше 550<sup>0</sup> С (стойкие к образованию окалины);
- жаропрочные – стойкие против ползучести и разрушения в области высоких температур при длительном действии нагрузки.

2). Выбор классов шероховатости поверхностей.

Шероховатость поверхности определяет качество обрабатываемой поверхности.

Шероховатость влияет на эксплуатационные свойства деталей: износостойкость, прочность (особенно усталостную), коррозионную стойкость, коэффициент трения, прочность прессовых посадок и др.

В соответствии с ГОСТ 2789 – 59 установлены 14 классов шероховатости поверхности:

- 1 ÷ 3 классы – обеспечивается обдирочной обработкой (точением, фрезерованием, строганием);
- 4 ÷ 6 классы – получистовой обработкой различными режущими инструментами;
- 7 ÷ 9 классы - чистовой обработкой (шлифованием или тонким точением, протягиванием, развертыванием и т.д.);

- 10 ÷ 14 классы – доводочной обработкой (притиркой, суперфинишированием, хонингованием и т.д.).

3). Выбор уплотнительных прокладок в разъёмных фланцевых соединениях аппаратов и трубопроводов.

Рекомендуемые неметаллические прокладочные материалы, в зависимости от температуры, давления агрессивной среды, приведены в таблице 2.10.2

4). Выбор допусков и посадок, деталей оборудования.

Посадки выбирают в зависимости от назначения и условий работы оборудования и механизмов, их точности условий сборки.

В России государственные стандарты ГОСТ 24 346 – 89, ГОСТ 25 247 – 82 и ГОСТ 25 348 – 82 заменили систему допусков и посадок ОСТ, которая действовала до января 1980 г.

Основу единой системы допусков и посадок (ЕСДП) составляет допуски, квалитеты и основные отклонения, определяющие положение полей допусков относительно нулевой линии.

В соответствии с ЕСДП различают:

- посадки с зазором;
- переходные посадки;
- посадки с натягом;
- допуски несопрягаемых размеров.

Допуски обеспечивают взаимозаменяемость деталей и позволяют осуществлять соединение с неподвижной посадкой (например, прессовая, горячая и другие посадки с натягом), с переходной посадкой (глухая, тугая, плотная и др.), с подвижной посадкой (скользящая, движения, ходовая и другие посадки с зазором).

5). Металлизация.

а). металлизация напылением – покрытие изделий из различных материалов тонким слоем металла, распыление его в расплавленном виде специальными аппаратами (с помощью сжатого воздуха). Производится в декоративных целях, также для исправления пороков поверхности металлических изделий и повышения износостойкости или коррозионной стойкости.

б). диффузия – насыщение поверхностных слоёв металлических изделий (главным образом стальных) различными элементами, преимущественно металлами (алюминием, хромом, цинком, беррилием, бором, кремнием и др.), путём диффузии их из внешней среды при высокой температуре. Основная цель – повышение износостойкости изделий, жаропрочности, коррозионной стойкости, твёрдости.

в). использование смазочных веществ.

На механизмах, требующих постоянной смазки во многих точках, а также для труднодоступных мест используется система централизованной подачи смазочных веществ по трубкам от специального насоса. Применяются также самосмазывающиеся графитовые и фторопластовые детали, масляные ванны для редукторов, подшипников и т.п.

Для смазки цилиндров воздушных компрессоров употребляют компрессорные смазочные масла, имеющие температуру вспышки  $215 \div 240$  °С и температуру самовоспламенения  $400$  °С.

Смазочные вещества, применяемые в компрессорах, должны иметь характеристики (температура вспышки, вязкость, термическая стойкость и химические свойства), удовлетворяющие требованиям компрессоров в реальных условиях. Это объясняется тем, что смазочные масла при нагреве подвергаются термическому разложению с выделением водорода, предельных и непредельных лёгких углеводородных газов, в том числе и ацетилена, образующих с воздухом взрывоопасные смеси.

При компримировании кислорода абсолютно недопустимо присутствие минерального масла, так как при соприкосновении его с нагретым кислородом реакция разложения сопровождается загоранием и взрывом. В этом случае в качестве смазки применяют дистиллированную воду с 10% глицерина или устанавливают самосмазывающиеся втулки и поршневые кольца из спрессованного при температуре  $1600$  °С графита. Применяют также фторорганические синтетические масла не окисляющихся кислородом, окислами азота, хлором, олеумом, перекисью водорода при  $100$  °С и более высоких температурах.

б). Создание эффективной виброизоляции.

Вибрация (от лат. *vibratio* - колебание) – механические колебания.

Различают:

- полезную вибрацию – возбуждается вибраторами и служит для выполнения различных технологических операций;
- вредную вибрацию – возникает при движении транспортных средств, работе машин и при большой интенсивности нарушает режим работы или разрушает устройства за счёт износа, потерь механической прочности и т. п., а также вызывает большой шум, быстрое утомление людей и их заболевание.

Для борьбы с вредной вибрацией принимаются радикальные предупредительные меры при проектировании, планировке, монтаже и компоновке отдельных деталей оборудования и строительстве объектов.

Для предупреждения износа оборудования от воздействия вредной вибрации создают следующие эффективные методы виброизоляции:

а). движущиеся части машин по возможности уравнивают (балансируют);

б). устранение жестких соединений между оборудованием и её опорным основанием;

в). отделение фундаментного блока подпрессорной машины и её опорным основанием;

г). при установке оборудования центр тяжести её переносят на линию центра тяжести общей площади упругих опор для создания равномерной статической нагрузки на упругие тела.

В зависимости от скорости вращения различают виброизоляцию при медленном вращении (вальцы, бегуны, шаровые и трубные мельницы) со скоростью до  $4 \div 8$  м/с и виброизоляцию при быстром вращении (дезинтеграторы и

молотковые мельницы) со скоростью до 40 м/с. Для устранения вибрации и шума агрегатов применяют изоляцию из упругих материалов: дерево, резиновые буферы, пружины, рессоры, которые помещают между оборудованием и его опорным основанием (массивный фундамент, пол, потолок или балочная конструкция).

7). Соблюдение режима пуска и остановки оборудования.

Большую опасность (с точки зрения износа оборудования) представляют неустановившиеся переходные режимы при пуске и остановке технологической аппаратуры.

Для каждого аппарата или системы подробно разрабатывается порядок пуска и остановки, который вносится в технологический регламент и рабочие инструкции.

Перед пуском аппаратура, трубопроводы и запорные приспособления просматривают и проверяют на герметичность, целостность устройств виброизоляции, наличие смазочных веществ, специально предусматриваются «пуск» и «остановка» оборудования без наличия пожаровзрывоопасных технологических сред. Согласно технологического регламента и инструкциям проверяются допустимые отклонения параметров работы оборудования от нормального режима.

## Контрольные вопросы

### Раздел I

1. Определите понятия деятельности, безопасности и опасности.
2. Укажите, в чем разница между вредным фактором и опасностью.
3. Перечислите свойства опасностей.
4. Укажите классификацию опасностей по происхождению, характеру воздействия на человека, по локализации в пространстве.
5. Что понимается под идентификацией опасностей?
6. Перечислите методы качественных оценок опасностей. Укажите основные цели и задачи качественных методов анализа опасностей.
7. Что такое риск?
8. Укажите характеристики основных количественных показателей риска.
9. Дайте определения: индивидуальный и коллективный риски.
10. В чем суть категорирования и классификации объектов, как мера безопасности?
11. Перечислите основные принципы и критерии отнесения объектов к категориям и типам опасных производственных объектов.
12. Что понимается под термином “технологический блок”? В чем суть категорирования уровня взрывоопасности технологических процессов и производств потенциально опасного объекта?
13. Что является методическим инструментом, при помощи которого потенциальная опасность может быть оценена количественно?
14. В чем заключается суть концепции анализа риска?
15. В каких случаях используются результаты анализа риска?
16. Перечислите порядок проведения расчетов по оценке риска.
17. С какой целью оформляются “рабочие листы” при анализе причин аварийной ситуации?
18. С какой целью используется метод логических деревьев событий при анализе аварийных ситуаций?
19. Укажите общую методологию выбора физико-математических моделей и методов расчета радиусов зон поражающих факторов.
20. В чем заключается стратегия управления риском?
21. Перечислите основные направления обеспечения промышленной безопасности.

### Раздел II

1. Что понимают под условиями труда?
2. Как различаются между собой опасные и вредные производственные факторы?
3. Как делятся по природе действия на человека опасные и вредные производственные факторы?
4. Какое определение можно дать безопасности труда?
5. Что понимают под охраной труда?

6. Как соотносятся между собой безопасность труда и охрана труда?
7. Какие подходы существуют к нормированию обеспечения производственной безопасности?
8. Чем регламентируется декларирование промышленной безопасности?
9. С какой целью разрабатывается паспорт безопасности опасного объекта?
10. С какой целью разрабатывается план локализации и ликвидации аварийных ситуаций?
11. Что понимается под экспертизой промышленной безопасности? Цель проведения экспертизы промышленной безопасности?
12. Каким документом регламентируется состав и содержание проектной документации?
13. Для каких производств устанавливаются санитарно-защитные зоны?
14. Каким образом достигаются рациональные и экономические решения генерального плана промышленных производств?
15. По каким основным критериям производится категорирование производственных помещений?
16. По каким основным критериям производится категорирование наружных установок?
17. Перечислите основные критерии классификации взрывоопасных зон.
18. Перечислите основные направления по обеспечению безопасности технологических процессов на стадии проектирования производств.
19. Какие требования предъявляются к выбору и конструированию производственного оборудования?
20. В чем заключается автоматизация производственных процессов? Перечислите основные виды автоматизации производственных процессов.
21. Перечислите основные требования к средствам защиты и сигнальным устройствам.
22. Каким основным документам предъявляются требования к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте?
23. В чем заключается техническое обслуживание производственного оборудования?
24. Что такое технологический регламент производства? Перечислите типы технологических регламентов.
25. Как утверждаются технологические регламенты и сроки их действия?

## Литература

1. В. Легасов. Проблемы безопасного развития техносферы. Коммунист, 1987, №6, с.101
2. А.Н. Елохин. Анализ и управление риском: Теория и практика. Страховая группа «Лукойл». М.: 2000, 180 с
3. Порфирьев Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях// Проблемы предотвращения и сокращения масштабов последствий технологических и природных катастроф/М.: Знание, 1989, 64с.
4. В.Даль. Толковый словарь живого великорусского языка. В четырех томах. Т.4. – М.: Русский язык, 1982. – 683 с.
5. С.И. Ожегов. Словарь русского языка. М.: Русский язык. – 1991. - 917 с.
6. Толковый словарь русского языка. Под. ред. Д.Ушакова. В четырех томах. Т.3. –М.: ТЕРРА. – 1996. -712 с.
7. В. Маршалл. Основные опасности химических производств. Под. Ред. Б.Б. Чайванова, А.Н. Черноплекова. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
8. А.Г. Ветошкин, К.Р. Таранцева. Техногенный риск и безопасность. Учебное пособие. Пенза. -2002. -171 с.
9. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. РД 03-418-01. Утвержден постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.01, № 30. Введен в действие с 01.09.01.
10. Постановление Правительства РФ № 1094 от 13.09.96 г. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
11. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями от 21.07.97 №116-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30 ст.3588)
12. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03). Серия 09. Выпуск 11. Колл. авт. –М.: Государственное унитарное предприятие «научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 112 с.
13. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов (ПБ 03-585-03). – М.: ПНО ОБТ. – 2003.
14. СНиП 2.05.06-85\*. Магистральные трубопроводы. М.:1997.- 28 с
15. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Принят Государственной Думой 4 июля 2008 г. Одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 г.
16. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Приложение к Приказу МЧС России от 10.07.09 № 404.
17. Методика оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 2. /Колл. Авторы// М.:

Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России. 2011. -224 с

18. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

19. Единые правила безопасности при взрывных работах. ПБ 13-047-01. СПб.: ЦОТПБСП. – 2001. – 212 с.

20. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах. РД 09-536-03. Утв. пост. Госгортехнадзора России от 18.04.2003 №14.

21. Lees F.P. Loss Prevention in the Industries. Butterworths, London, 1980. Safety of Work, London, March 1981

22. Устав всемирной организации здравоохранения. Принят 51 сессией Всемирной Ассамблеи здравоохранения. Издание 41-е. 2006. -27 с

23. Измеров, Н.Ф. Эколого-гигиеническая оценка и контроль/ Г.А. Суворов. - М.: Медицина, 1999. – Т.1,2 . - 460 с.

24. Алексеев, С.В. Гигиена труда/ В.Ф.Усенко. - М.: Медицина,1988. – 278 с.

25. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.:ИПК. -2004. -4 с.

26. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: СН 2.2.4/2.1.8.562-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ в действие 31.10.96. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

27. ГОСТ 12.1.050-86. Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах. М.:ФГУП «Стандартинформ». -2001.-17 с.

28. ГОСТ 12.1.029-80. Система стандартов безопасности труда. Методы и средства защиты от шума. Классификация. М.: ФГУП «Стандартинформ». - 2001.-4 с.

29. ГОСТ Р 12.4.208-99. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Наушники. Общие технические требования. Методы испытаний. М.: ИПК. -2003. -14 с.

30. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Р 2.2.2006-05: утв. гл. госуд. санит. врачом 29.07.05: введ в действие 01.11.05. – С-Пб.: ЦОТПБСППО, 2005. – 142 с.

31. СН 2.2.4/2.1.8.583-96: Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ в действие 31.10.96. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 5 с.

32. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96. Санитарные правила и нормы.

33. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения. утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: введ в действие 31.10.96. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 5 с.



34. ГОСТ 12.1.001-83. Система стандартов безопасности труда. Ультразвук. Общие требования безопасности. - М.:ФГУП «Стандартинформ». -2001.-7 с.
35. ГОСТ 24346-80 Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Термины и определения. М.: «Московский печатник». -1980.-31 с.
36. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утв. Госкомсанэпиднадзором России 31.10.96: ввод в действие 31.10.96. М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 30 с.
37. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. Система стандартов безопасности труда. М.:ФГУП «Стандартинформ». -2006.-29 с.
38. 12.4.012-83 Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования. М.:ФГУП «Стандартинформ». -2001.-4 с.
39. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: СанПиН 2.2.4.548-96: утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 01.10.96: ввод в действие с 01.10.96. М.:Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 20 с.
40. Электромагнитные поля в производственных условиях: СанПиН 2.2.4.1191-03: утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 30.01.03: ввод в действие с 01.05.03. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 10 с.
41. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 30.05.03: ввод в действие с 30.06.03. М.:Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 28 с.
42. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи: СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03: утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 30.01.03: ввод в действие с 01.06.03. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 20 с
43. Петросянц, Э.В. Справочник по средствам индивидуальной защиты работающих/ под общ. ред. Э.В. Петросянца; М.: Медицина 1992., - 184 с.
44. Ю.П. Пивоваров, В.В. Кололик, Л.С. Зиневиц Гигиена и основы экологии человека ; Ростов – на- Дону, Феникс, 2002 г., 198 с
45. СанПин №5804-91. Санитарные правила и нормы эксплуатации лазеров. 47 с.
46. Крутиков, В.Н. Экометрия. Контроль физических факторов производственной среды, опасных для человека: М. Энциклопедия. / А.Б.Круглов, Ю.И. Бриодз; под. ред. В.Н. Крутикова. - М.: - ИПК. Изд. станд., 2002. – 534с.
47. Скляр Н.Е., Ружняев Е.С., Волков В.В. Электробезопасность. Учебное пособие для студентов по курсу “электробезопасность” Изд-во: Пензенского государственного университета. -2004.-320с.

48. Ю.Кудряшов. Радиационная биофизика ионизирующих излучений. Учебник для вузов. М.: Физматлит. -2004 – 560 с.
49. СанПин 2.6.1.2523-09. Санитарные нормы и правила. Нормы радиационной безопасности 99/2009. утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 07.07.09: введ в действие с 09.09.09. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2010. – 67 с
50. СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности 99-2010. - утв. Гл. гос. санитар. врачом Российской Федерации 26.10.10: введ в действие с 17.09.10. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2010. – 18 с
51. ГОСТ 12.1.007- 76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – введ.1977-01-01. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1984. – 5 с.
52. Основы промышленной токсикологии. Под. ред. Толоконцева Н.А. и Филова В.А., Л. Медицина, 1976, 303 с.
53. Юртов Е.В., Лейкин Ю.А. Химическая токсикология. –М, 1987, МХТИ им. Менделеева, с.40.
54. Оксегендлер Г.И. Яды и организм. Проблемы химической опасности. С-Пб., Наука 1991, 320 с.
55. ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
56. ГН 2.2.5.691-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Дополнение 1».
57. ГН 2.2.5.687-98 «Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
58. ГН 1.1.029-95 «Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека».
59. ГН 2.2.5.563-96 «Предельно допустимые уровни (ПДУ) загрязнения кожных покровов вредными веществами».
60. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей., т.1,2,3/ Под ред. Н.В. Лазарева и Э.И. Левиной. –Л. Химия, 1976.
61. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 2006 – 48 с.
62. ГОСТ Р 50587-93. Паспорт безопасности вещества. – Введ.1994-07-01. М. Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1993. – 9 с.
63. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда. Под. ред. Кириллова В.Ф., М. Медицина, 1993, 332 с.
64. ГН 2.1.6.1762 – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы.– М.:Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.–6 с.
65. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений: СанПиН 2.2.4.1294-03: утв. Гл. гос.

санит. врачом Российской Федерации 18.04.03: ввод в действие с 15.06.03. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 11 с.

66. Порядок оформления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов и перечнем включаемых в неё сведений» РД-03-14-2005 (утв. Приказом Ростехнадзора от 29.11.2005 г. №893).

67. Положение о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.- Утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 18.03.2003 г. №8 РД-05-539-03.

68. Правила экспертизы декларации промышленной безопасности», утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 07.09.99 г. №65 (зарегистрировано Минюстом России от 01.10.99 г. №1920), с изменением №1, утвержденными постановлением Госгортехнадзора России от 27.10.00 г. №61 (зарегистрировано Минюстом России от 30.11.00 г. №2476).

69. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 04.11.2004 г. №506 «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта». Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.12.2004 г. №6218.

70. Методические указания о порядке разработки плана локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС) на химико-технологических объектах». РД 09-536-03 (утв. постановлением Госгортехнадзора России от 18.04.2003 г. №14)

71. Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на взрывоопасных, пожароопасных и химически опасных производственных объектах и требования к оформлению заключения данной экспертизы» РД -13 – 02 – 2006. (утв. Приказом Госгортехнадзора России от 15.11.2006 г. №1005

72. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» ПБ 03-246-98, утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 06.11.1998 г. №64, зарегистрированы в Минюсте России от 18.12.98 г. № 1656.

73. Постановление Правительства РФ от 16.02.08 №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» (с изменениями от 18 мая, 21 декабря 2009 г., 13 апреля 2010 г., 7 декабря 2010 г

74. Положение об исходных данных для проектирования», утвержденное Министерством промышленности, науки и технологии Российской Федерации от 30.01.02 г. и инновационной политики в химической промышленности от 27.03.03 № 14-3/533.

75. ПБ 03-517-02 . Общие правила промышленной безопасности, для организаций осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов. Серия 03. Выпуск 20. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России. 2002. – 21 с.

76. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: СанПиН 2.1.1.1200-03: утв. Гл. гос. санитарным врачом Российской Федерации 18.04.03: ввод в действие с 15.06.03. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 11 с.
77. СНиП 21-01-97. Строительные нормы и правила. Пожарная безопасность зданий и сооружений. - М.: ГУП ЦПП, 1999. -21 с.
78. СНиП 31-03-01. Строительные нормы и правила. Производственные здания. - М.: ГУП ЦПП, 2002. -15 с.
79. Свод правил СП 12.1330.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывной и взрывопожарной опасности. –М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. -2009. – 32 с
80. ГОСТ Р 5235.10-2005. Электрооборудование для взрывозащищенных газовых сред. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2006. – 25 с.
81. ГОСТ Р 51330.11-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам. – Введ. 2001-01-01. – М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 2001. – 20 с.
82. ГОСТ 12.3.002 – 75\* (СТ СЭВ 1728 - 89). Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности.
83. ГОСТ 12.1.010 – 76 ССБТ. «Взрывобезопасность. Общие требования»
84. Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса. (Утверждено: Заместителем Министрства Экономики РФ 06.05.2005г., Государственным Комитетом РФ по охране окружающей среды, № 02-19/18-214 от 26.11.1999г., федеральным и горным промышленным надзором России, № 02-35/234 от 28.04.2000г.)
85. РД 09-251-98 «Положение о порядке разработки и содержании раздела «Безопасная эксплуатация производств» (Утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 18.12.98г. № 77).
86. ГОСТ 2.114-95 «Единая система конструкторской документации. Технические условия» (утв. постановлением Госстандарта РФ от 8 августа 1995 г. № 425) с изменениями от 18 октября 2000 г.
87. Водяник В.И. Взрывозащита технологического оборудования. – М.: Химия, 1991. -256 с.
88. Положение о порядке безопасного проведения ремонтных работ на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих объектах РДИ 09-(501-250-02), разработанным на основании требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Введены в действие Постановлением Госгортехнадзора России от 10.12.98 № 74 от 21.11.02 №66
89. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – М.: Стандартиформ. -2006. -7 с.

## Содержание части 2

- 3. Электробезопасность
  - 3.1. Электрический ток
    - 3.1.1. Действие электрического тока на человека
    - 3.1.2. Факторы, определяющие опасность поражения электрическим током
    - 3.1.3. Ситуационный анализ поражения током
    - 3.1.4. Основные причины поражения электрическим током
  - 3.2. Статическое электричество
    - 3.2.1. Возникновение статического электричества
    - 3.2.2. Опасность статического электричества
  - 3.3. Мероприятия по обеспечению электробезопасности
    - 3.3.1. Технические меры защиты от поражения током
    - 3.3.2. Средства защиты, используемые в электроустановках
    - 3.3.3. Организация безопасной эксплуатации электроустановок
    - 3.3.4. Защита от статического электричества
    - 3.3.5. Защита от молний
  - 3.4. Первая помощь при поражениях электрическим током
- 4. Безопасность эксплуатации грузоподъемных машин
  - 4.1. Назначение и опасности при эксплуатации грузоподъемных машин
  - 4.2. Безопасность складских, погрузочных и разгрузочных работ
    - 4.2.1. Система обеспечения безопасности при эксплуатации грузоподъемных машин
    - 4.2.2. Оценка соответствия грузоподъемных машин и условий их эксплуатации требованиям промышленной безопасности
  - 4.3. Типовые конструкции грузоподъемных машин, требования к устройству и безопасной эксплуатации.
    - 4.3.1. Классификация грузоподъемных машин
    - 4.3.2. Режимы работы грузоподъемных машин
  - 4.4. Причины аварий и травматизма при эксплуатации грузоподъемных машин.
  - 4.5. Техническое освидетельствование грузоподъемных машин, организация эксплуатации и надзора.
    - 4.5.1. Установка гпм, порядок их регистрации и ввода в работу
    - 4.5.2. Организация эксплуатации гпм
    - 4.5.3. Техническое освидетельствование
  - 4.6. Организация складов и проведение складских операций
    - 4.6.1. Общие понятия о складах
    - 4.6.2. Классификация и характеристика грузов. Тара и упаковка грузов
    - 4.6.3. Складские операции
  - 4.7. Условия безопасности погрузочно-разгрузочных работ
    - 4.7.1. Требования по организации погрузочно-разгрузочных работ с применением грузоподъемных машин
    - 4.7.2. Требования к местам производства погрузочно-разгрузочных работ

#### 4.7.3. Требования к процессам перемещения грузов грузоподъемными машинами

### 5. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением, компрессорных установок, паровых и водогрейных котлов

#### 5.1. Безопасность эксплуатации сосудов под давлением

##### 5.1.1. Общие сведения.

##### 5.1.2. Устройство сосудов.

##### 5.1.3. Сборка сосуда.

##### 5.1.4. Контрольно-измерительные приборы.

##### 5.1.5. Предохранительные устройства.

##### 5.1.6. Материалы для изготовления сосудов.

##### 5.1.7. Системы коммуникаций на промышленном объекте.

##### 5.1.8. Техническое освидетельствование.

##### 5.1.9. Установка сосудов.

##### 5.1.10. Дополнительные требования к баллонам.

##### 5.1.11. Дополнительные требования к цистернам и бочкам при перевозке сжатых газов.

##### 5.1.12. Требования к газгольдерам.

#### 5.2. Безопасность эксплуатации компрессорных установок

##### 5.2.1. Принципы устройств и характеристики компрессорных установок

##### 5.2.2. Опасность взрыва при сжатии газов.

##### 5.2.3. Смазка компрессорных установок

##### 5.2.4. Охлаждение компрессоров

##### 5.2.5. Очистка воздуха

##### 5.2.6. Арматура, конструкции и установка компрессоров

#### 5.3. Безопасность эксплуатации паровых и водогрейных котлов.

##### 5.3.1. Организация безопасной эксплуатации.

##### 5.3.2. Обслуживание

##### 5.3.3. Проверка контрольно-измерительных приборов, автоматических защит, арматуры и питательных насосов.

##### 5.3.4. Организация ремонта

### 6. Безопасность эксплуатации газового хозяйства предприятия

#### 6.1. Газовое хозяйство предприятия

#### 6.2. Внутрицеховое газовое хозяйство

#### 6.3. Предохранительные запорные и сбросные клапаны

#### 6.4. Защитные, сигнализирующие автоматические устройства и приборы.

#### 6.5. Условия безопасной эксплуатации

#### 6.6. Условия безопасного пуска газа на предприятие и эксплуатация промышленных печей

#### 6.7. Обслуживающий персонал и его обязанности

#### 6.8. Предупреждение, локализация и ликвидация аварий в газовом хозяйстве

#### Литература

## Содержание части 3

- 7. Основы пожарной безопасности
  - 7.1. Физико-химические основы процессов горения и взрыва
  - 7.2. Показатели взрывопожароопасности горючих веществ
  - 7.3. Мероприятия по предупреждению взрывов и уменьшению их последствий
- 8. Пожарная безопасность технологических процессов
  - 8.1. Основы обеспечения пожарной безопасности технологических процессов
    - 8.1.1. Требования по обеспечению пожарной безопасности системы предотвращения пожара
    - 8.1.2. Требования к обеспечению пожарной безопасности системы противопожарной защиты
    - 8.1.3. Организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности
  - 8.2. Пожарная безопасность процессов нагревания и охлаждения веществ и материалов
    - 8.2.1. Пожарная опасность при нагреве веществ водяным паром
    - 8.2.2. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ водяным паром
    - 8.2.3. Установки для нагрева веществ высокотемпературными органическими теплоносителями.
    - 8.2.4. Пожарная опасность при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями
    - 8.2.5. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ высокотемпературными органическими теплоносителями
    - 8.2.6. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при нагреве веществ пламенем и топочными газами.
    - 8.2.7. Пожарная опасность при нагреве веществ пламенем и топочными газами
    - 8.2.8. Два режима возникновения горения в трубчатых печах и меры пожарной безопасности
    - 8.2.9. Основные противопожарные мероприятия и технические решения при нагреве веществ пламенем и топочными газами.
  - 8.3. Пожарная безопасность процесса ректификации
    - 8.3.1. Ректификационные колонны, их устройство и принцип работы.
    - 8.3.2. Особенности пожарной опасности ректификационных установок. Основные противопожарные меры при их проектировании и эксплуатации
  - 8.4. Пожарная безопасность процессов сорбции
    - 8.4.1. Физическая сущность процесса абсорбции. Основные меры пожарной безопасности
    - 8.4.2. Физическая сущность процесса адсорбции. Основные меры пожарной безопасности
  - 8.5. Пожарная безопасность процесса окраски
    - 8.5.1. Физико-химическая сущность процесса формирования лакокрасочных покрытий

- 8.5.2. Особенности пожарной опасности и основные противопожарные мероприятия при проведении процессов окраски
- 8.6. Пожарная безопасность процесса сушки.
- 8.7. Пожарная безопасность химических процессов.
- 8.8. Мероприятия по взрывозащите технологического оборудования
- 9. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности
  - 9.1.1. Характеристика и классификация пожарных извещателей
  - 9.1.2. Классификация и условное обозначение пожарных извещателей
  - 9.1.3. Приёмно-контрольные приборы
  - 9.1.4. Общие сведения о пожаротушении
  - 9.1.5. Огнетушащие вещества
  - 9.1.6. Первичные средства тушения пожаров
  - 9.2. Установки, машины и аппараты для пожаротушения
    - 9.2.1. Автоматические установки пожаротушения
      - 9.2.1.1. Классификация и структура построения автоматических установок пожаротушения.
      - 9.2.1.2. Условные обозначения узлов и деталей для установок водяного пожаротушения
      - 9.2.1.3. Установки тонкораспыленной воды
      - 9.2.1.4. Установки газового пожаротушения
      - 9.2.1.5. Назначение, область применения установок порошкового пожаротушения
      - 9.2.1.6. Классификация установок порошкового пожаротушения
      - 9.2.1.7. Установки парового пожаротушения
      - 9.2.1.8. Установки аэрозольного пожаротушения
    - 9.2.2. Машины и аппараты для пожаротушения.
  - 9.3. Противопожарное водоснабжение
    - 9.3.1. Классификация системы водоснабжения
    - 9.3.2. Схема водоснабжения населённых пунктов.
    - 9.3.3. Схемы водоснабжения промышленных предприятий
    - 9.3.4. Особенности водоснабжения агропромышленного комплекса
  - 9.4. Система эвакуации людей при пожарах
    - 9.4.1. Обеспечение безопасности людей в зданиях на случай пожара
    - 9.4.2. Особенности движения людей при эвакуации. Параметры движения людских потоков
    - 9.4.3. Расчетное время эвакуации. Необходимое время эвакуации.
    - 9.4.4. Нормирование необходимого времени эвакуации
- 10. Организация обеспечения пожарной безопасности
  - 10.1 Организация службы пожарной охраны
    - 10.1.1. Назначение и задачи гарнизонной службы пожарной охраны
    - 10.1.2. Должностные лица гарнизона пожарной охраны. Нештатные службы гарнизона пожарной охраны: назначение, задачи
    - 10.1.3. Назначение и основные задачи караульной службы пожарной охраны
    - 10.1.4. Организация караульной службы. Должностные лица караула, их права и обязанности



10.1.5. Виды службы в карауле

10.1.6. Внутренний распорядок и допуск в служебные помещения подразделения пожарной охраны

10.1.7. Цели и задачи профессиональной подготовки личного состава федеральной противопожарной службы

10.1.8. Основные виды обучения, их характеристика и содержание

10.2. Тактика тушения пожаров

Заключение

Контрольные вопросы

Литература