

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«НЮАОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ОЦЕНКА РИСКОВ ОТКАЗОВ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**по дисциплине «Промышленная безопасность
объектов трубопроводного транспорта»
для студентов специальности 1-70 05 01
«Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»**

Новополоцк 2006

УДК 621.643(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию
методической комиссией **технологического факультета**

Кафедра трубопроводного транспорта и гидравлики

Составители:

В.К. ЛИПСКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Л.Г. КУЛЬБЕЙ, ст. преподаватель
С.М. ТКАЧЕВ, канд. техн. наук, доц.
М.Ф. ШИПКО, ст. преподаватель

Рецензенты:

Л.М. СПИРИДЁНОК, канд. техн. наук, доц.
С.В. ПОКРОВСКАЯ, канд. хим. наук, доц.

В пособии содержатся основные материалы, необходимые для студентов, изучающих курс «Промышленная безопасность объектов трубопроводного транспорта». Из курса студенты получают системные знания по всем направлениям деятельности в области промышленной безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема промышленной безопасности (ПБ) не является новой. При создании и эксплуатации производственных объектов всегда уделялось особое внимание проблемам обеспечения надёжности, безаварийности и безопасности их работы. Однако в последние десятилетия проблемы промышленной безопасности из разряда локальных технических проблем переросли в глобальные, стоящие в центре внимания не только специалистов, но и населения.

Буквально за последние несколько лет в понимании этой проблемы произошли существенные изменения, которые особенно коснулись следующих аспектов этой проблемы:

- исследований явления аварии как элемента жизненного цикла производственного объекта и создания на основе этих исследований научно обоснованной системы представлений обо всех элементах, связанных с промышленными авариями (причины, возникновение, развитие, последствия, оценки, прогнозирование);

- разработки научно-технических основ обеспечения надёжности и безопасности производственных объектов и методов предотвращения аварий, ликвидации их последствий и оценки ущерба;

- правового, нормативно-методического и организационно-управленческого обеспечения деятельности по ПБ.

Всё это сформировало новую систему знаний, в которой происходит взаимодействие научных дисциплин и методов управления. Становление этой области деятельности потребовало и новых структур, и специалистов новой квалификации – экспертов по ПБ.

Промышленная безопасность – эта система знаний, которая на глубокой естественно-научной основе объединяет результаты многочисленных научных дисциплин, на базе которых обеспечивается безопасность на стадиях проектирования, сооружения, эксплуатации и ликвидации промышленных объектов.

Специалистом с высоким профессиональным уровнем в области ПБ может стать только хорошо подготовленный инженер, знающий не только особенности технологического процесса и оборудование своего промышленного объекта, но и готовый использовать методы высшей математики, физики твёрдого тела, механики сплошных сред, термодинамики, экономического анализа, экологии и целого ряда других научных дисциплин.

Цель пособия – дать системное представление о ПБ как области человеческой деятельности по предотвращению аварий промышленных предприятий и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций, обусловленных такими авариями, применительно к объектам магистрального трубопроводного транспорта газа. Эта деятельность проводится как в сфере правового, нормативно-методического и организационно-управленческого обеспечения ПБ, так и в области научно-технических основ обеспечения надёжности и безопасности производственных объектов и методов предотвращения аварий, ликвидации их последствий и оценки ущербов.

Задачи

Первая задача – дать системное представление о современном состоянии проблемы ПБ в целом.

Предполагается, что студенты ещё не обладают достаточными знаниями и практическим опытом в этой области, не знакомы с действующими нормативно-методическими и правовыми документами. Уделив этим вопросам достаточно внимания, тем не менее акцент при обучении сделан на те разделы ПБ, которые являются новыми и ещё не получили широкой известности у практических специалистов. Эти вопросы, в основном, относятся к разработке научно-технических основ обеспечения надёжности и безопасности производственных объектов и методов предотвращения аварий, ликвидации их последствий и оценки ущербов. В то же время результаты, получаемые в этой области, стремительно включаются в нормативно-правовые документы. Специалист, не знакомый с этими новыми понятиями, не сможет полноценно использовать нормативные документы по ПБ так же, как, к примеру, человек, не знакомый с законами электротехники, не может осознанно обеспечить выполнение нормативных документов по электробезопасности, а человек, не знающий основ ядерной физики, – по радиационной безопасности.

В пособии рассмотрены необходимые специалистам по ПБ вопросы, самостоятельное изучение которых может создать некоторые трудности и, безусловно, займёт много времени. Владение этими вопросами позволит не только осуществлять надзор за ПБ по формальным признакам, на основе нормативных документов (что крайне важно и совершенно необходимо), но и анализировать действующие тенденции, влияющие на обеспечение ПБ.

Отсюда следует **вторая задача** – дать представление о современном научном аппарате описания промышленных опасностей, методов их измерения и путей их снижения.

Третья задача – необходимость системного и последовательного рассмотрения круга вопросов, которые являются предметом повседневной практической деятельности предприятия в области промышленной безопасности и которые регламентируются нормативными документами Проматомнадзора.

Дисциплина «Промышленная безопасность объектов трубопроводного транспорта» разработана в Полоцком государственном университете на кафедре трубопроводного транспорта и гидравлики.

Кафедра основана в 1977 году. Направление учебной деятельности кафедры в значительной мере связано с аспектами, непосредственно примыкающими к проблемам ПБ. С 1981 года кафедра занимается проблемами экологической безопасности нефтепроводов. В ходе развития научной тематики, которая с 1977 года была связана с проблемами экологической безопасности, кафедра все больше приближалась к проблемам ПБ. В 1998 году был организован и проведен первый в Белоруссии семинар по декларированию опасных производственных объектов, и кафедра непосредственно стала заниматься вопросами ПБ.

По заданию Проматомнадзора кафедра осуществила разработку ряда нормативных документов:

- Закон Республики Беларусь «О магистральном трубопроводном транспорте» [3];

- Правила охраны магистральных трубопроводов;

- Инструкция о проведении работ в охранной зоне магистральных нефтепроводов;

- Инструкция о ликвидации экологических последствий аварий на магистральных нефтепроводах;

- Правила безопасности при эксплуатации систем газоснабжения;

- Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов;

- Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов;

- Правила безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов.

Кафедра осуществляет разработку деклараций безопасности и экспертизу деклараций:

- разработаны декларации безопасности всей линейной части нефтепроводов РУП «Гомельтранснефть «Дружба», линейной части газопровода «Торжок – Минск – Ивацевичи», компрессорной станции «Несвижская», ряда газонаполнительных станций;

- проведена экспертиза деклараций безопасности всех объектов НРУПТН «Дружба» (Новополоцк), магистрального газопровода «Ямал – Европа» и т.д.;

- создана организационно-техническая система для защиты природных объектов при авариях на нефтепроводах.

Проблемы промышленной безопасности занимают основное место в научной тематике кафедры, так как современный этап технической эволюции трубопроводов состоит в обеспечении надёжности и безопасности промышленных объектов.

1. ПРОВЕДЕНИЕ АНАЛИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

История развития промышленной безопасности

В истории промышленной безопасности можно указать три этапа:

1) с древних времён до начала промышленной революции (гуманитарная сфера);

2) с момента начала промышленной революции до конца семидесятых годов прошлого века (выход Директивы по Севезо);

3) с момента выхода Директивы по Севезо до наших дней.

Первые представления о возможности катастрофических событий и катастрофического изменения в развитии космоса и человечества возникли в древнейшие времена (древнегреческая и вавилонская мифологии, учение Гераклита). В эпоху Возрождения первые научно обоснованные догадки о возможности катастрофических событий были высказаны Е. Лейбницем, П. Лапласом и Р. Гуком. Однако первая теория катастроф была сформулирована французским естествоиспытателем Ж. Кувье. Эта теория, дискуссия по которой продолжалась на протяжении более полутора столетий, имела своих сторонников и противников. В XX веке идеи Ж. Кувье легли в основу нового научного направления в философии и социологии, получившего название неокатастрофизма. В результате промышленной революции в начале XIX века утвердилось убеждение, что технологические возможности человека способны обеспечить достижение любых целей – экономических, социальных, военных, политических. Однако по мере становления техногенной цивилизации и усиления технологического, антропогенного давления на окружающую среду становилось очевидным, что технический прогресс несёт не только очевидные блага, но и нарастающие технологические опасности. С этого момента проблемы безопасности из области их философского осмысления стали перемещаться в область практической деятельности человека.

Проведем анализ законодательных и нормативных актов промышленно развитых стран в области безопасности промышленной деятельности.

Позитивные изменения наметились после принятия ЕС в 1982 году так называемой Директивы по Севезо – фундамента законодательства развитых европейских стран в области безопасности промышленной деятельности, поэтому представляется чрезвычайно важным проанализировать генезис и тенденции развития законодательства развитых стран в области промышленной безопасности.

Рисунок 1.1 иллюстрирует динамику аварий в высокорисковых отраслях Западной Европы.



Рис. 1.1. Эффективность законодательного регулирования безопасности промышленной деятельности

Современные системы государственного регулирования (это относится не только к промышленной безопасности) складываются из двух взаимосвязанных и взаимозависимых видов деятельности законодательной и исполнительной (административной). В процессе осуществления своих функций взаимоотношения между ними достаточно сложны и определяются действием многих факторов. Важную роль в их деятельности играют также традиции, специфика общественного устройства, роль и значение общественности в решении возникающих проблем.

В большинстве развитых промышленных стран (Бельгия, Финляндия, Франция, Германия, Великобритания, Италия, Нидерланды, Норвегия, Швеция) первые законодательные акты в области охраны здоровья и безопасности в промышленности (техники безопасности) были приняты еще в XIX веке, а в некоторых даже ранее.

Например, в Бельгии в 1888 году принят законодательный акт под названием «Забота о безопасности и здоровье рабочих промышленных и сельскохозяйственных компаний». В этом документе различные типы производств классифицированы (по степени потенциальной опасности) на две категории. Во Франции с 1810 года проводится категорирование оборудования, представляющего опасность для промышленного персонала. Так или иначе, существующие в развитых промышленных странах системы законов, юридических правил, стандартов, наставлений, инструкций,

процедур, лицензий и т.д., прямо или косвенно влияющих на безопасность человека в процессе его жизнедеятельности (на производстве, транспорте, личной жизни), имеют богатые традиции и основаны на развитых демократических институтах.

В 60 – 70-х годах прошлого столетия (в связи с появлением в техно-сфере новых опасностей, началом процесса познания обществом этих опасностей) на Западе регламентируются нормы охраны окружающей среды (в широком смысле), существенно отличающиеся от традиционных норм «здоровье и безопасность» в законодательстве о труде. Так, во Франции в 1976 году принимается Закон «О категорированных установках». Этот документ направлен на защиту населения и окружающей среды от опасностей (аварий) или отрицательных воздействий (вредных выбросов, загрязнений), являющихся следствием определенных видов деятельности.

В соответствии с законодательными актами 1966 и 1977 годов соответствующие органы власти Франции были уполномочены проводить проверки состояния безопасности на производствах, связанных с обработкой оговоренных в законах видов сырья и веществ, промежуточных материалов и конечной продукции для уменьшения риска аварий с тяжелыми последствиями.

В 1972 году в Великобритании был принят Закон «Об охране здоровья и обеспечения безопасности на производстве». Отличительной чертой этого закона является то, что особо подчеркивается ответственность промышленной администрации за безопасность рабочих мест, а также за безопасное использование, переработку, хранение и транспортировку химических и взрывоопасных веществ. В соответствии с законом было создано два новых специализированных правительственных органа. Первый – Комиссия по охране труда и промышленной безопасности (The Health and Safety Commission). На Комиссию возлагалось общее руководство государственной деятельностью в сфере промышленной безопасности и разработка общей политики. Она обычно не занимается повседневной административной деятельностью. Вторым органом стал Исполнительный комитет по здравоохранению и промышленной безопасности (The Health and Safety Executive), который объединил существовавшие тогда инспекции (фабричную, шахт и карьеров, ядерных производств и др.). Несколько других учреждений (научных, медицинских и др.), не входя формально в состав Комитета, принимают самое активное участие в его работе. Комитет осуществляет все административное и повседневное руководство деятельностью в пределах своей компетенции. В то же время в Великобритании был принят Закон «Сообщения о несчастных случаях, заболеваниях и опасных

происшествиях», в соответствии с которым промышленная администрация обязана сообщать обо всех случаях разрушения аппаратов под давлением, пожарах, взрывах, утечках горючих, токсичных и патогенных веществ, разрушениях трубопроводов и т.д.

В ФРГ декретом 1975 года была введена обязательная подготовка планов на случай возникновения пожаров или взрывов, а также организации соответствующего обучения персонала правилам обеспечения безопасности производства. С 1980 года опасным промышленным предприятиям необходимо иметь документ «Анализ безопасности», который должен по первому требованию предъявляться соответствующим контролирующим органам. В 1981 году был определен перечень информации, которая должна содержаться в этом документе, в частности:

- описание предприятия и технологических процессов при нормальных условиях работы;
- детальное описание участков производства, имеющих серьезное значение для обеспечения безопасности предприятия;
- результаты химических анализов обрабатываемых на производстве материалов и веществ;
- описание мероприятий по обеспечению безопасности производства и уменьшению масштабов ущерба при возникновении аварий и неполадок на производстве или чрезвычайной ситуации;
- информация о наиболее вероятных последствиях аварий.

В Италии с 1965 по 1972 год принимается целый пакет законов: по предотвращению загрязнения воды, воздуха; по утилизации городских и промышленных отходов и др. Например, Закон № 833, принятый в 1978 году, в сферу промышленной безопасности (наряду с защитой населения и окружающей среды) включил также решение вопросов, связанных с охраной труда рабочих на предприятиях и контролем за санитарным состоянием производства.

Законодательные акты по обеспечению безопасности в промышленности и на транспорте, действовавшие в развитых промышленных странах в 60 – 70-х годах, безусловно, имели прогрессивный характер, однако не могли изменить тенденцию роста аварийности в промышленности и транспорте. Это происходило по ряду причин как объективного, так и субъективного характера:

- неадекватность законодательных актов уровню бурно развивавшейся промышленности;
- недооценка необходимости лицензирования всех фаз промышленной активности: проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции;

- отсутствие единых представлений о критериях безопасности промышленных объектов и существовании экспертизы аварийной опасности промышленных объектов и др. Крупные промышленные аварии с многочисленными человеческими жертвами (Фликсборо, Фензен, Базель и др.) способствовали осознанию обществом современного состояния техносферы и связанных с ним опасностей. Это привело к появлению в 1982 году Директивы по Севезо (а позднее – поправок к ней), ставшей фундаментом современного законодательства в области безопасности в промышленности и на транспорте в странах ЕЭС. После этого количество аварий в странах Западной Европы резко уменьшилось.

В соответствии с Директивой по Севезо предусматривалось создание межгосударственной системы сотрудничества и взаимодействия национальных законодательных и исполнительных органов власти в сфере промышленной безопасности с целью выявления и учета риска крупных аварий на предприятиях на возможно более ранних стадиях – при проектировании производственных объектов и технологических процессов, а также при разработке соответствующих средств и методов защиты от аварий и планировании мероприятий на случай возникновения чрезвычайной ситуации. Директива также предусматривала установление действенного контроля за выполнением этих положений. В Директиве по Севезо четко изложены: содержание основных компонент систем контроля за основными опасностями; общие обязанности компетентных органов и промышленной администрации по обеспечению безопасности; рекомендации по разработке плана действий при аварии и т.д.

Согласно Директиве по Севезо крупной аварией считается значительный выброс опасных или вредных веществ, пожар или взрыв, явившиеся результатом неподдающегося контролю развития событий в ходе промышленной деятельности, ведущие к серьезной непосредственной или отложенной опасности для человека (как внутри, так и вне территории предприятия), а также для окружающей среды.

Основными требованиями Директивы являются следующие положения:

- выявление опасной промышленной деятельности;
- декларирование безопасности;
- планирование действий при аварии;
- информирование населения о возможной ЧС.

Центральное место в ней занимает требование о необходимости разработки и представления промышленной администрацией в компетентные органы так называемых «Докладов (деклараций, отчетов) о безопасности». В Директиве по Севезо приводятся рекомендации по подготовке такого

рода отчетов, которые должны основываться (в том числе) на результатах анализа опасностей и риска промышленного предприятия. Директива по Севезо определяет общие (регламентирующиеся соответственными национальными законодательными актами) обязанности предпринимателей по обеспечению безопасности производства, исключению возможности возникновения крупных аварий и ограничению их вредных последствий для людей и окружающей среды. Кроме того, Директива налагает на них ряд дополнительных обязанностей, а также предписывает ввести более жесткий контроль в использовании на предприятиях значительного числа опасных материалов и веществ.

Директивой по Севезо предусмотрено внесение соответствующих изменений в национальные законодательства стран-членов Сообщества. В Директиве содержатся две основные идеи:

- *во-первых*, владелец промышленного предприятия, на котором может произойти крупная авария, должен быть в состоянии в любое время представить доказательства, свидетельствующие о том, что возможность такой аварии предусматривалась: были приняты соответствующие меры для ее предотвращения; люди, работающие на территории предприятия, располагают соответствующей информацией, техническими средствами и знаниями, необходимыми для обеспечения их безопасности;

- *во-вторых*, руководители предприятия обязаны незамедлительно информировать местные власти о любой крупной аварии на их предприятиях. Должна также быть представлена дополнительная информация о последствиях аварии, принятых чрезвычайных мерах и мероприятиях по исключению возможности повторения аналогичной аварии. Страна, в которой произошла крупная авария, должна немедленно информировать о ней Комиссию ЕЭС и представить отчет по установленной форме, где указаны причины аварии, характер и размеры нанесенного ущерба, принятые и планируемые меры по ликвидации ущерба.

В Директиве содержится перечисление промышленных установок по производству, обработке и переработке органических и неорганических химикатов, которые относятся к числу опасных. Виды промышленной деятельности, которые считаются опасными и требуют особого контроля, содержатся в специальном списке. В приложении к Директиве содержатся нормы, относящиеся к объемам опасных веществ, которые могут храниться на предприятиях. В Директиве перечислены показатели опасности веществ, использование которых требует принятия соответствующих мер безопасности и контроля в соответствии со степенью их токсичности, горючими и взрывчатыми свойствами, а также содержится перечень 180 конкретных

опасных веществ. В Директиве по Севезо содержится также требование об информированности населения о возможной аварии, а также необходимых действиях (в том числе властей) в чрезвычайной ситуации.

После аварии на заводе «Юнион карбайд» в Бхопале Советом ЕЭС в 1987 году была принята поправка к Директиве по Севезо, в соответствии с которой увеличен список опасных веществ и снижены количественные пороги, требующие принятия особых мер предосторожности в отношении ряда конкретных агрессивных веществ. В 1988 году была принята еще одна поправка, требующая введения дополнительных мер безопасности при хранении опасных веществ и препаратов на складах, расположенных отдельно от промышленных предприятий.

Директива по Севезо явилась мощным импульсом для разработки законодательных и нормативных актов по обеспечению безопасности в промышленности и на транспорте в странах Западной Европы.

В Великобритании в 1985 году была разработана и принята основная часть законодательства по предупреждению крупных аварии, именуемая системой нормативных актов СИМАН. СИМАН является версией Великобритании Директивы по Севезо и подтверждает необходимость демонстрации промышленной администрацией безопасности технологических процессов (путем представления Отчетов о безопасности) и информированности общественности о возможных чрезвычайных ситуациях. Механизм контроля за промышленной безопасностью в Великобритании находится в ведении Исполнительного комитета по здравоохранению и промышленной безопасности. Комитет имеет широкий штат инспекторов. Через институт инспекторов Комитетом могут выноситься решения об остановке производства (при наличии реальных угроз для персонала и населения). Участию общественности в решении вопросов, связанных с промышленной безопасностью (особенно с размещением высокорисковых предприятий) придается особо серьезное значение. В состав Исполнительного комитета по здравоохранению и промышленной безопасности обязательно входят представители соответствующих заинтересованных общественных организаций.

В Бельгии, вследствие сложного регионального деления страны и громоздкой структуры исполнительной власти, в настоящее время только завершается работа по подготовке обширных инструкций о разработке Отчетов о безопасности. Инструкции основываются на рекомендациях Директивы по Севезо, однако при решении вопросов о строительстве новых промышленных объектов обязательным считается опрос общественного мнения.

В Германии (в отличие от Великобритании) существует очень большое число законов, указов, нормативных актов и стандартов в области

безопасности в промышленности и на транспорте. При этом система законов уполномочивает Федеральное правительство издавать указы, которые проясняют отдельные детали в конкретных случаях.

В Нидерландах Директива по Севезо реализуется посредством двух систем нормативных актов: регулирования промышленной активности на основе отчетов о промышленной безопасности (которое существовало еще до выхода директивы ЕЭС) и регулирования промышленной безопасности на основе отчетов о безопасности населения при возможной аварии. Основным принципом голландского правительственного подхода к безопасности является: безопасность не ограничивается никакими пределами, промышленность должна быть настолько безопасной, насколько это возможно. Голландский Закон «Об охране окружающей предприятие природной среды» (1982) в определенном смысле шире, чем Директива по Севезо, поскольку требует от производителя не просто представления доклада о состоянии безопасности на предприятии с перечнем опасных материалов, имеющихся на производстве, но также и описания условий их хранения или обработки, причем с техническими характеристиками производственных процессов. Доклад считается внутренним для данного предприятия документом, но копии в конфиденциальном порядке направляются нескольким государственным органам, в том числе трудовой инспекции, управлению по охране окружающей среды, провинциальным и муниципальным властям. Важной особенностью законодательства Нидерландов в области промышленной безопасности является использование в законодательных актах численных значений показателей риска (как меры безопасности промышленного предприятия). При установлении критериев приемлемого риска были проведены достаточно широкие исследования по восприятию риска различными социальными категориями людей. В тех случаях, когда уровень риска оказывается неприемлемо высоким, его снижение в соответствии с действующим законодательством должно быть обеспечено непосредственно на производстве путем, например, изменения планировки завода или опасного участка, или использования дополнительных средств, или систем обеспечения безопасности, применением менее опасных технологий и т.д. Для обеспечения безопасности населения предусмотрено зонирование территорий, прилегающих к потенциально опасным объектам, т.е. установление предельных расстояний от опасных предприятий до мест проживания населения. В необходимых случаях безопасность населения может обеспечиваться перемещением уязвимых жилищ на другие места с выплатой соответствующих компенсаций, улучшением или изменением путей транспортировки опасных материалов и т.д.

В каждом конкретном случае эти меры предпринимаются с учетом эффективности производственных затрат.

В Италии начало осуществлению Директивы Общего рынка о крупных авариях (в рамках Закона 833) положил Декрет Президента республики от 1982 года о предупреждении пожаров. Согласно декрету, соответствующие предприятия должны осуществлять контроль за состоянием безопасности до того, как новое предприятие или новый технологический процесс будут введены в эксплуатацию. Итальянское законодательство, следуя, в целом, идеям Директивы по Севезо, отличается значительным числом принимаемых Национальным Собранием решений, а также большим количеством ведомственных подзаконных актов, и, как следствие, различиями в проработке и качестве решения проблем, связанных с обеспечением безопасности на предприятиях страны. Общим принципом итальянского законодательства является то, что ответственность за состояние безопасности и промышленности возлагаются в целом на местные органы власти.

В Швейцарии «Закон о защите окружающей среды» (1985) содержит положения, во многом сходные с положениями Директивы по Севезо.

Отметим, что во всех развитых странах подготовка Отчета о безопасности является необходимой компонентой обеспечения безопасности в промышленности, при этом содержание отчета в разных странах отличается. В некоторых странах открытыми являются только результаты, а сам отчет конфиденциален. Решения по отчету принимают как местные органы власти, так и соответствующие государственные структуры. При наличии общих черт в национальных законодательных и нормативных актах по безопасности в промышленности и на транспорте, в отдельных странах существуют значительные расхождения по ряду принципиальных вопросов:

- количеству и степени детализации законов, правил, норм, рекомендаций, стандартов (например, наличие очень плотной сети законов в ФРГ и стремление Великобритании иметь один общий всеобъемлющий закон с рядом дополнений);

- числу руководящих лиц и контролирующих (инспектирующих) органов (наибольшее число – в Италии);

- методам подхода к проблеме промышленной безопасности (например, в Италии и Нидерландах требуется, чтобы завод был безопасен «насколько это возможно», а в Великобритании – «разумно безопасен»);

- строгому следованию национальным стандартам (в ФРГ это обязательно, в то время как Швейцария и Бельгия применяют нормы других стран. Франция и Великобритания используют национальные и международные нормы).

Особое место в национальных законодательных нормативных актах по обеспечению безопасности в промышленности занимает лицензирование всех фаз промышленной активности: проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции (исключение составляет Великобритания, где официальной процедуры лицензирования не существует, но для разрешения на эксплуатацию потенциально опасного предприятия требуется выполнение ряда требования властей). Порядок лицензирования, основные требования для получения и критерии выдачи лицензий существенно отличаются друг от друга.

Так как административное устройство общества в разных странах разное, то провести прямое сравнение порядка лицензирования в странах Западной Европы весьма затруднительно. Так, например, во Франции в заявлениях на получение лицензий должны содержаться сведения о состоянии безопасности, планы предприятия, карты окружающей местности, а также характеристики возможных последствий аварий, перечень мероприятий на случай возникновения чрезвычайной ситуации. Во Франции требуется наличие двух лицензий, выдаваемых двумя различными органами. Лицензия на строительство выдается местными властями, но этот факт не предвещает факта получения лицензии на эксплуатацию промышленного предприятия. Последняя выдается органами Министерства охраны окружающей среды.

В Нидерландах лицензию выдают местные органы власти на основании «Доклада о безопасности». При этом в отчете должны содержаться следующие сведения:

- подробное описание предприятия, используемых веществ и их характеристики;
- подробное описание технологических процессов;
- описание возможных аварий (с указанием мер по снижению вероятности реализации аварий и уменьшению масштабов возможных последствий);
- результаты анализа риска (как индивидуального, так и социального).

Лицензия выдается предприятию при выполнении, кроме того, следующего условия: объем опасных материалов, находящихся на предприятии, с учетом корректирующих коэффициентов, равен или не превышает соответствующий количественный предел, установленный законом.

В Швеции разрешение на выбор места для строительства промышленного предприятия выдается правительством. Разрешение содержит такие базовые условия, как тип производства, мощность, (объемы хранения опасных веществ) и т.д. Окончательное решение по эксплуатации объекта принимается местными властями.

В Законе ФРГ «О защите от промышленных выбросов» содержится перечень предприятий, для которых обязательно получение соответствующих лицензий на проектирование, строительство и эксплуатацию, а также определяется характер информации, которую необходимо представить для получения лицензии. Так, помимо обычных в таких случаях материалов, необходимо представить техническую документацию, характеризующую предприятие и технологические процессы, характер и количество используемых материалов, характер возможных выбросов и их последствий, а также описание мероприятий по обеспечению безопасности персонала предприятия, населения, проживающего вблизи объекта, и характеристику состояния окружающей среды. Законом предусматривается участие общественности при рассмотрении заявлений на получение лицензий в ходе открытых слушаний и обсуждений (обычно в них участвуют лишь возражающие против выдачи разрешений). В законе оговаривается, что при рассмотрении вопросов, относящихся к коммерческой тайне, в ходе слушаний может оглашаться лишь общее содержание заявления. Решения о выдаче лицензии (или об отказе) публикуются и в правительственном печатном органе, и в местной прессе.

Процесс лицензирования в ФРГ имеет определенную специфику: он представляет собой последовательный ряд выдач разрешений на каждый конкретный этап промышленной активности: проектирование, строительство, ввод в действие и эксплуатацию. Общим результатом такого подхода является то, что осуществление государственного регулирования промышленной безопасности превращается, по сути, в непрерывный процесс и обеспечивается его максимальная эффективность. Экономически выгоден он и предпринимателям, которые получают возможность заблаговременно внести соответствующие коррективы в проект или планы строительства опасных предприятий.

Длительность процедуры лицензирования и сроки действия лицензий в разных странах также разные. Например, для получения лицензии (в соответствии с Федеральным Актом о контроле загрязнений) в разных землях ФРГ требуется от 6 до 18 месяцев. Срок действия лицензии в ФРГ неограничен, но законом предусмотрена процедура, позволяющая правительственным органам вводить дополнительные предписания в лицензию. Во Франции с момента подачи заявки до получения лицензии проходит как минимум от 9 до 12 месяцев. В Италии длительность процесса выдачи лицензий занимает от 90 до 180 дней. Срок действия лицензии не менее 3 лет. В Нидерландах лицензия должна быть выдана (или в выдаче должно быть отказано) не позднее 7 месяцев с момента подачи заявки.

Анализ механизмов государственного регулирования безопасности в промышленности и на транспорте позволяет констатировать, что реализация этих механизмов осуществляется посредством законодательной и исполнительной деятельности. Государственное регулирование осуществляется обычно через центральные и местные органы власти – министерства, департаменты, комитеты или комиссии, муниципалитеты или (в некоторых случаях) через отдельных муниципальных чиновников.

Во многих развитых странах существенное значение в деятельности механизма государственного регулирования промышленной безопасности придается участию в этом процессе различных общественных организаций (экономических, профессиональных, культурных и других), а также объединений жителей соответствующих регионов или районов. Мнение их в той или иной степени учитывается при принятии решений, особенно на уровне местных органов власти.

В целом, в реализации механизмов государственного регулирования в сфере промышленной безопасности можно выделить ряд специфических особенностей:

- широкое распространение системы лицензирования всех фаз промышленной активности;
- ответственность конкретных производителей (в том числе и уголовная) за нарушения законодательства и нанесенный ущерб. Государство при этом никакого отношения к возмещению нанесенного ущерба не имеет (за исключением отдельных, оговоренных законами случаев, например, в атомной энергетике);
- широкое участие муниципальных органов власти в процессе обеспечения производственной безопасности на предприятиях, расположенных на территории муниципалитета, независимо от того, кто является собственником предприятия. При этом законами обычно обеспечиваются условия для участия общественности при решении вопросов, связанных с размещением, строительством и эксплуатацией предприятий в данной местности;
- проведение оценок опасностей, связанных с деятельностью конкретных предприятий, и проверок состояния безопасности на них независимыми организациями, экспертами или специализированными (аудиторскими) фирмами. Считается, что это обеспечивает более объективные оценки реального положения и большую защиту интересов соответствующих групп населения;
- большая роль страхования промышленной деятельности (в том числе и риска аварий) и связанных с этим потенциальных убытков;

- увеличивающееся значение международного сотрудничества в деятельности, направленной на предупреждение крупных промышленных аварий и оказание международной помощи при ликвидации их последствий;

- запрещение занятий определенным видом деятельности или производством (переработкой) определяемых законом веществ или материалов;

- предпочтение в отношении использования определенных видов технологических процессов. (Реализуется, как правило, через систему лицензирования).

Анализ законодательных и нормативных актов в области безопасности в промышленности и на транспорте, действующих в развитых промышленных странах, позволяет сделать следующие выводы:

1) существующие в развитых промышленных странах система законов, юридических правил, стандартов, постановлений, инструкций, процедур, лицензий, прямо или косвенно влияющих на безопасность человека в процессе его жизнедеятельности (на производстве, транспорте, личной жизни), имеют богатые традиции и основаны на развитых демократических институтах;

2) законодательные акты по обеспечению безопасности в промышленности и на транспорте, действовавшие в 60 – 70-х годах в странах Западной Европы, объективно не могли изменить тенденцию роста аварийности:

- вследствие неадекватности законов уровню бурно развивавшейся промышленности;

- недооценки необходимости лицензирования всех фаз промышленной активности;

- отсутствия единых представлений о критериях безопасности промышленных объектов;

3) принятие странами Европейского сообщества основных положений Директивы по Севезо – фундамента современных законодательных актов в области обеспечения безопасности промышленности позволило снизить уровень аварийности в развитых странах в 4 – 8 раз (см. рис. 1.1). Директивой по Севезо предусматривается процедура демонстрации безопасности промышленного объекта. Эта процедура реализуется посредством представления промышленной администрацией специального «Отчета о безопасности». Конкретные решения по представленным материалам принимаются соответствующими государственными органами и (или) местными властями;

4) во всех развитых промышленных странах существует порядок лицензирования проектирования, строительства, эксплуатации и реконструкции промышленных объектов. Это позволяет местным властям и соот-

ветствующим государственным органам влиять на обеспечение безопасности в промышленности. Механизмы государственного регулирования безопасности в промышленности реализуются посредством законодательной и исполнительной деятельности. При этом:

- декларируется и реализуется на практике ответственность производителя за нанесенный ущерб (государство отношения к возмещению ущерба, как правило, не имеет);

- обеспечивается участие представителей общественности во всех стадиях процесса выдачи лицензий;

- учитывается мнение населения, проживающего вблизи потенциально опасных объектов;

- в конкретных случаях широко используются экспертные оценки независимых научных организаций или специализированных фирм.

В Беларуси, так же как и несколько ранее в России, современный этап формирования законодательной базы ПБ строится на идеях, заложенных в Директиве по Севезо. Началом этого этапа можно считать принятие Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (1999) [2].

Одним из важнейших приоритетов государственной политики Республики Беларусь на современном этапе является обеспечение её национальной безопасности [8, 9]. Выработке и реализации концепции, а также программ обеспечения национальной безопасности в стране придаётся первостепенное значение. Основные положения этой деятельности содержатся в Концепции национальной безопасности Республики Беларусь, утверждённой Указом Президента Республики Беларусь 17.07.2001 № 390. Концепция содержит восемь разделов, которые связаны с деятельностью трубопроводного транспорта и обеспечением промышленной безопасности [1].

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Концепция национальной безопасности Республики Беларусь (далее – Концепция) представляет собой систему взглядов относительно направлений, средств и способов защиты жизненно важных интересов личности, общества и государства.

Под национальной безопасностью понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

Под жизненно важными интересами понимается совокупность потребностей, удовлетворение которых обеспечивает существование и возможности развития личности, общества и государства.

Под угрозой национальной безопасности понимаются действия, явления и процессы (или их совокупность), препятствующие реализации жизненно важных интересов личности, общества и государства.

Под обеспечением национальной безопасности понимается деятельность государственных органов, организаций, в том числе общественных объединений, а также отдельных граждан по защите жизненно важных интересов личности, общества и государства.

Обеспечение национальной безопасности включает:

- определение жизненно важных интересов личности, общества и государства;

- выявление факторов, создающих угрозу национальной безопасности;

- формирование системы противодействия негативным факторам и возникающим угрозам.

2. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ПОЛИТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.

3. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.

Один из серьезных негативных факторов, действующий в экономической сфере, – высокая степень зависимости Республики Беларусь от импортных энергоносителей (на долю основного поставщика нефти и газа приходится 99,9 % при критически допустимых 40 %).

Одно из приоритетных направлений обеспечения безопасности Республики Беларусь в экономической сфере – рациональное использование географического положения страны, развитие эффективной системы обслуживания международных транспортных артерий и коммуникаций.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ВОЕННОЙ СФЕРЕ.

5. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.

К жизненно важным интересам Республики Беларусь в экологической сфере, в числе других, относится создание условий безопасного проживания населения и защиты территорий от чрезвычайных ситуаций [4, 5, 10 – 12].

Одними из основных факторов, создающих угрозу безопасности Республики Беларусь в экологической сфере, являются стихийные бедствия (наводнения, засухи, ураганы, смерчи, землетрясения, магнитные бури и др.), а также чрезвычайные ситуации техногенного характера (аварии, катастрофы, взрывы и т.п.).

Функционирование на территории республики объектов повышенного риска (предприятия химической промышленности, нефтепроводы, газопроводы, продуктопроводы, захоронения высокотоксичных и радио-

активных отходов и др.) и их размещение вблизи жилых зон и систем жизнеобеспечения.

К числу приоритетных направлений обеспечения безопасности Республики Беларусь в экологической сфере относятся:

- совершенствование системы оперативного реагирования и оповещения о загрязнении окружающей среды в результате промышленных аварий, стихийных бедствий или уничтожения природных ресурсов;

- совершенствование Государственной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий.

6. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СФЕРЕ.

7. БЕЗОПАСНОСТЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ГУМАНИТАРНОЙ СФЕРЕ.

8. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.

Понятие национальной безопасности является синтетическим и включает в себя все известные виды безопасности. Научно обоснованные и юридически корректные определения понятия безопасности приводятся в ряде литературных источников и нормативно-правовых документов. Основным смысл этих определений состоит в том, что безопасность – это состояние защищенности жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз.

В зависимости от характера возможной угрозы понятию безопасности придают видовой смысл, определяя сферу его приложения, например: энергетическая, экологическая, финансовая, ресурсосырьевая, общеэкономическая, водохозяйственная, производственная, социальная, внешнеэкономическая, технологическая, трудоворесурсная, внутривластная, информационная, кадровая, противостихийная, санитарно-эпидемиологическая, личная, имущественная, военная, демографическая, продовольственная, культурная, промышленная безопасность и др. Различные виды безопасности тесно связаны между собой и находятся в сложном взаимодействии, оказывая взаимное влияние.

Выполнение промышленным объектом своего служебного назначения, ради которого он был создан (позитивная функция – польза), сопровождается проявлением негативной функции – вреда, которые выражаются в процессе жизненного цикла объекта. Проявление негативной функции – вреда происходит на систематической основе и в виде одновременных событий (отказов, аварий).

Техногенная опасность исходит из самого факта существования опасных производств, под которыми, согласно Закону Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», прежде всего, понимаются объекты, на которых обращаются опасные вещества [2]. Вероятность промышленных аварий является объективно существующим элементом жизненного цикла реальных технических объектов.

Промышленная безопасность – сравнительно молодое направление научно-технической деятельности. По определению общепризнанного идеолога ПБ В. Маршалла, *промышленная безопасность – это область человеческой деятельности по предотвращению аварий промышленных предприятий и уменьшению последствий чрезвычайных ситуаций, обусловленных такими авариями* [7]. Конечно, основное направление этой деятельности – обеспечение безопасности человека и промышленного предприятия в техносфере.

Этот подход закреплён и конкретизирован в Законе Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», где в статье 1 вводится понятие ПБ как состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий [2]. Следует отметить, что Законодатель вводит понятие *опасный производственный объект (ОПО)*, суть которого разъясняется во 2 статье Закона. Законом ОПО трактуется как объекты, в которых:

- обращаются опасные вещества;
- используется оборудование, работающее под давлением или при высоких температурах воды;
- используются стационарные грузоподъёмные устройства;
- получают расплавы металлов;
- ведутся горные работы.

Необходимо отметить, что перечень очень конкретен и не является всеобъемлющим: например, нет радиационной опасности, железнодорожного транспорта, электробезопасности, перевозок опасных грузов, авиации, мореплавания. Эти нормы белорусского закона полностью совпадают с российским законом, который был принят ранее.

Можно повторить, что ПБ условно может быть представлена в виде трёх больших и взаимосвязанных частей, каждая из которых не имеет чётко очерченной границы, так как переходит одна в другую или в область деятельности, связанную с основной технологией:

- 1) разработка научного аппарата, описывающего проблемы техногенной опасности;

2) научно-технические методы обеспечения надёжности и безопасности;
3) организационно-управленческое обеспечение ПБ (правовое, нормативно-методическое обеспечение).

Существуют ещё два аспекта проблемы ПБ, лежащие в другой плоскости. Обеспечение ПБ представляет собой сложный комплекс разноплановых мероприятий, направленных:

- на прогнозирование и предупреждение аварий;
- на ликвидацию аварий и минимизацию их последствий.

Основы промышленной безопасности регламентируются третьей главой Закона о промышленной безопасности.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» основы ПБ складываются из таких видов деятельности [2]:

- лицензирование (ст. 8);
- сертификация (ст. 9);
- требования ПБ к проектированию, строительству и приёмке ОПО (ст. 10);
- требования ПБ к эксплуатации (ст. 11);
- требования ПБ при выводе из эксплуатации (ст. 12);
- требования ПБ к конструированию, изготовлению и применению технических устройств (ст. 13);
- требования ПБ при проведении НИР (ст. 14);
- требования ПБ по готовности к действиям по локализации ликвидации последствий аварий (ст. 15);
- техническое расследование причин и аварий (ст. 16);
- экспертиза ПБ (ст. 17, 18);
- разработка декларации ПБ (ст. 19);
- учёт аварий и инцидентов (ст. 20);
- производственный контроль (ст. 21);
- страхование (добровольное) (ст. 25).

К промышленной безопасности тесно примыкают такие виды деятельности, как охрана труда и защита населения в чрезвычайных ситуациях.

Промышленная безопасность – состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий (ст. 1 Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2]).

Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиоло-

гические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (согласно ст. 221 Трудового кодекса). По-путно можно заметить, хотя охрана труда (ОТ) примыкает к промышленной безопасности (ПБ), предмет, методы и содержание ПБ как дисциплины лежат в иной плоскости, чем дисциплины ОТ.

Чрезвычайная ситуация – обстановка, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые повлекли или могут повлечь за собой человеческие жертвы, вред здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей (ст. 1 Закона Республики Беларусь «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера») [5].

Что объединяет охрану труда и промышленную безопасность?

1. Охрана труда защищает человека в процессе любой трудовой деятельности, в том числе и в моменты аварий и чрезвычайных ситуаций ЧС.

2. Реально организацией охраны труда и промышленной безопасности занимаются одни и те же люди, поэтому в их практической работе эти два вида деятельности тесно переплетены.

3. Человек в процессе своей трудовой деятельности, нарушая правила охраны труда, может создать инициирующее событие для аварии.

В настоящее время область безопасности в техногенных чрезвычайных ситуациях представляет собой комплексное научно-техническое направление современной науки, в решении проблем которой используются возможности множества научных дисциплин. Мировая (в том числе русскоязычная) научно-техническая литература насчитывает сотни публикаций, посвящённых проблемам техногенных чрезвычайных ситуаций.

Анализируя такие источники, отметим, что сейчас сложились общепринятые понятия таких явлений, как техногенная чрезвычайная ситуация, промышленная катастрофа, промышленная авария и др. [7], и на нормативном уровне создана система терминов и определений основных понятий [6]. С нормативной точки зрения иерархически наиболее значимым является определение аварии, которое приводится в Законе Республики Беларусь «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2].

Одним из наиболее массовых и опасных компонентов национально-го промышленного комплекса являются магистральные трубопроводы, в том числе газопроводы.

Для магистральных трубопроводов имеется стандартное определение аварии [6, п. 3.4.7, 3.4.8] – авария на трассе трубопровода, связанная с выбросом и выливом под давлением опасных химических, пожаро- и

взрывоопасных веществ, приводящая к возникновению техногенной чрезвычайной ситуации.

Согласно этому определению, характерным признаком аварии является выход из полости трубопровода транспортируемого вещества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 17 июля 2001 г. № 390.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Закон Респ. Беларусь от 10 янв. 2000 г.
3. О магистральном трубопроводном транспорте: Закон Респ. Беларусь.
4. О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера: Закон Респ. Беларусь от 5 июля 1998 г.
5. Об органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям: Закон Респ. Беларусь от 3 янв. 2002 г.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 22.0.05-97. Техногенные ЧС. Термины и определения.
7. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М.: Мир, 1989. – 671 с.
8. Об обязательном декларировании безопасности производственных объектов Республики Беларусь: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 20 февр. 1998 г. № 280.
9. Положение о декларировании безопасности производственных объектов Республики Беларусь от 20 февр. 1998 г. № 280.
10. Порядок разработки декларации безопасности производственных объектов Республики Беларусь от 11 мая 1998 г. № 44: утв. МЧС Респ. Беларусь.
11. Порядок экспертизы декларации безопасности производственных объектов Республики Беларусь от 21 мая 1998 г. № 49: утв. МЧС Респ. Беларусь.
12. Правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах: утв. МЧС Респ. Беларусь 28 июня 2000 г.

2. РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1. Идентификация опасностей

Идентификация опасности – процесс выявления опасности, признания её существования и определение её характеристик.

Цель идентификации – выявление в составе организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты, наиболее опасных составных частей – опасных производственных объектов.

Идентификация опасных производственных объектов газопроводного транспорта и других опасных производственных объектов, связанных с их эксплуатацией, осуществляется для целей декларирования и регистрации объектов в государственном реестре опасных производственных объектов, а также для целей страхования ответственности организаций, эксплуатирующих указанные объекты.

Идентификация опасных производственных объектов газопроводного транспорта и других опасных производственных объектов, связанных с их эксплуатацией, осуществляется организацией, эксплуатирующей опасный производственный объект, или экспертной организацией, имеющей лицензию Проматомнадзора на проведение экспертизы промышленной безопасности в части идентификации опасных производственных объектов.

Ответственность за правильность идентификации опасных производственных объектов возлагается на организацию, осуществляющую идентификацию.

В рамках идентификации органы Проматомнадзора должны контролировать:

- правильность применения критериев идентификации опасных производственных объектов и отнесения идентифицируемых объектов к типам по обязательному страхованию ответственности;

- наличие у экспертных организаций, проводящих идентификацию, необходимой лицензии Проматомнадзора.

К *категории опасных производственных объектов* относятся предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты [11], на которых:

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

- а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 °С или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 мг на 1 кг до 200 мг на 1 кг включительно;

- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 мг на 1 кг до 400 мг на 1 кг включительно;

- средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 мг на 1 л до 2 мг на 1 л включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг на 1 кг;

- средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 мг на 1 кг;

- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг на 1 л;

ж) вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды и характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

- средняя смертельная доза при воздействии на рыбу в течение 96 ч не более 10 мг на 1 л;

- средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 ч, не более 10 мг на 1 л;

- средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 ч не более 10 мг на 1 л;

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.

Отнесение объекта к категории опасного производственного объекта осуществляется в процессе его идентификации на основании установления указанных признаков.

При отнесении объекта к категории опасного производственного объекта по указанным признакам учитываются технические устройства, оборудование, сооружения и механизмы как регистрируемые, так и нерегистрируемые в органах Проматомнадзора в соответствии с действующими правилами безопасности.

В процессе проведения идентификации опасных производственных объектов газопроводного транспорта и других опасных производственных объектов, связанных с их эксплуатацией, наряду с установленными принципами идентификации следует учитывать принципы идентификации, которые отражают специфические особенности указанных объектов.

Выявить все опасные производственные объекты в составе организации (принцип зонирования опасных производственных объектов).

При этом в качестве объединяющего критерия используют:

- принадлежность рассматриваемых участков магистральных газопроводов с производственными площадками компрессорных станций к одному подразделению организации (например, к ремонтно-наладочному управлению);

- отдельно расположенные промышленные площадки или производственные здания (объекты), на которых (в которых) осуществляются технологические процессы, непосредственно не связанные с перекачкой.

Как правило, в качестве опасного производственного объекта рекомендуется выделять все участки магистральных газопроводов, обслуживаемые одним подразделением организации, вместе с производственными площадками компрессорных станций, станциями защиты и другими объектами, расположенными непосредственно на трассе газопровода. При этом составляющими опасного производственного объекта, как правило, являются:

- линейные части участков магистральных газопроводов, отводов, лупингов;

- производственные площадки компрессорных станций;

- станции защиты;

- площадки камер пуска и приема средств очистки и диагностики (СОД) газопровода. Для газопроводов, проложенных в одном техническом коридоре, рекомендуется общие для двух газопроводов компрессорные станции рассматривать в составе газопровода первой очереди строительства, а в газопровод второй очереди включать только линейную часть;

- отдельно расположенная промышленная площадка, на которой осуществляются технологические процессы, непосредственно не связанные с

перекачкой газа. При этом составляющими опасного производственного объекта, как правило, являются: котельная, автозаправочная станция, ремонтно-механический участок, цех технологического транспорта и спецтехники или автогараж, склады горючесмазочных материалов (ГСМ) и баллонов и т.д.;

- отдельно расположенное производственное здание (объект). Например, отдельно расположенная котельная в поселке, предназначенная для отопления общественных зданий и жилых домов, или отдельно стоящее производственное (административное) здание с лифтом и т.д.

В случае, если промышленные площадки, производственные здания (объекты) удалены друг от друга или от трассы газопровода на расстояние более 500 м, то каждая(ое) из промышленных площадок, производственных зданий (объектов) рассматривается как отдельный опасный производственный объект.

Для обеспечения принципа полноты и достоверности идентификации опасных производственных объектов необходимо выявить и зафиксировать в заключении экспертизы все признаки опасности и тип каждого опасного производственного объекта в составе организации.

2.2. Оценка вероятности

В оценках риска обратимся к российским нормативным источникам (в Беларуси такие нормативные документы отсутствуют), в частности к РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов».

Согласно РД 03-418-01 оценка риска состоит из следующих этапов:

- определение частот возникновения иницирующих и всех нежелательных событий;

- оценка последствий возникновения нежелательных событий;

В свою очередь для оценки частоты нежелательных событий среди прочего рекомендуется использовать статистические данные по аварийности и надёжности технологической системы, соответствующие специфике опасного производственного объекта по виду деятельности.

Что дает анализ статистики аварий?

1. Помогает определить виды опасностей для производственного объекта, т.е. причины возникновения аварий.

2. Помогает определить вероятность возникновения таких опасностей.

Однако статистическая обработка имеет и *недостатки*.

К примеру, возможно ли попадание в трубопровод метеорита? Таких случаев не было, но мы понимаем, что это в принципе возможно, хотя и с

ничтожно малой вероятностью. Или возможен ли зацеп трубопровода плугом при проведении пахотных работ. Казалось бы, каким образом – ведь трубопровод заглублен и трасса обозначена знаками? Однако такие случаи зарегистрированы (они называются *иницирующими событиями*). *Иницирующее событие* – это событие, в ходе развития которого может произойти разгерметизация оборудования, т.е. отказ.

Сведения о других подобных *иницирующих событиях* также черпаются из статистики.

2.2.1. Анализ аварий

Аварии на компрессорных станциях

Аварии на компрессорных станциях характеризуются частичной или полной разгерметизацией технологических участков с выбросом газа в окружающее пространство с возможным возгоранием горючей среды и дальнейшим развитием взрыва и пожара.

Статистическая структура времени вынужденного простоя в течение года (отношение времени простоя по группам причин к общему времени вынужденного простоя) выглядит следующим образом для системы Газпрома (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Причины простоя

Причина простоя	Время простоя, %
Отказ двигателя, редуктора, нагнетателя (компрессора), в том числе из-за отсутствия запчастей	84,4 21,0
Перерывы в электроснабжении газоперекачивающего агрегата	0,9
Отказ системы АСУ и электрооборудования агрегата	4,5
Отказ системы маслоснабжения, регулирования, агрегатного оборудования	7,7
Отказ станционных систем	1,1
Нарушение правил технической эксплуатации	1,4

Анализ возможных отказов и аварийных повреждений в компрессорном цехе позволил выявить наиболее непредсказуемые, трудно диагностируемые и опасные ситуации, связанные с частичной либо полной разгерметизацией технологических участков.

Аналогичным образом можно составить картину относительно линейной части.

Информацию по отказам на линейной части в России можно почерпнуть из журнала «Безопасность труда в промышленности» в разделе «Аварии года».

К основным причинам и факторам аварийных отказов на газораспределительных станциях (ГРС) относятся:

- вибрация и просадка трубопроводной обвязки;
- дефекты изготовления оборудования;
- погрешности монтажа;
- коррозия и износ.

Специфика аварийных отказов оборудования на открытой площадке ГРС (табл. 2.2) практически аналогична рассмотренной ранее для КС. Разгерметизация оборудования внутри помещений блока редуцирования и учета расхода газа, а также в других зданиях и сооружениях может привести к их загазованности и к взрыву газа внутри этих помещений.

Таблица 2.2

Показатели аварийности ГРС

Годы	1995	1996	1997	1998	1999
Число аварий	2	5	1	7	1

2.2.2. Определение вероятности аварии

Наличие информации об известных авариях позволяет составить базу данных, пользуясь которой можно получить вероятность отказа любого элемента на основании статистики отказов аналогичных элементов.

В работах о промышленной безопасности газопроводов (например, журнал «Газовая промышленность») часто встречаются сведения такого типа: «... нам удалось снизить интенсивность отказов с 0,24 до 0,18 $1/_{(1000 \text{ км год})}$...». Поясним, откуда возникают такие значения.

Пример. На участке газопровода длиной 1000 км за год произошло 180 аварий. Это означает, что вероятность отказа (интенсивность отказов) одного километра трубопровода составит $180/1000 = 0,18 \text{ шт. / (1000 км·год)}$. Такая величина называется *интенсивностью отказов*.

Сведение к одинаковым единицам измерения необходимо для возможности сравнения различных трасс трубопроводов и ответа на вопрос: чьи газопроводы надёжнее – белорусские либо российские (достаточно сравнить их интенсивности отказов).

Таким образом, в приведенном примере, удалось снизить количество аварий с 240 до 180 шт. в год.

Интенсивность отказов газопроводов (данные по Газпрому) иллюстрирует рисунок 2.1.

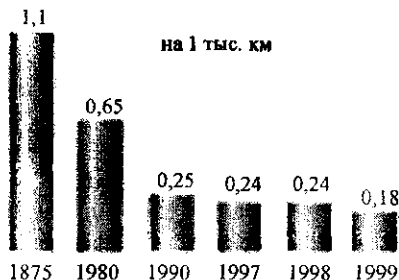


Рис. 2.1. Интенсивность отказов газопроводов по годам

Как видно из рисунка, интенсивность отказов в период с 1975 года уменьшилась почти в 10 раз.

Если длина оцениваемых трасс составляет цифру, отличную от 1000 км, то производят перерасчет на 1000 км.

Например, на трассе длиной 5620 км за год произошло 354 отказа. Значит, количество отказов на 1000 км в год составит

$$\frac{354}{5,620 \cdot 1000} \approx 0,063 \text{ шт./1000 км} \cdot \text{год},$$

где 5,620 – коэффициент, показывающий, во сколько раз длина трассы превышает 1000 км.

Однако величина интенсивности отказов заметно изменяется каждый год (см. рис. 2.1), поэтому желательно оценивать отказы за несколько лет. Тогда для получения среднегодовой интенсивности нужно суммарную интенсивность разделить на количество анализируемых лет.

Например, за 11 лет на участке газопровода длиной 7462 км произошло 2345 отказов. Среднегодовая интенсивность отказа данного газопровода составит

$$\frac{2345}{7,462 \cdot 1000} \cdot \frac{1}{11} \approx 0,0286 \text{ шт./1000 км} \cdot \text{год}.$$

Какова же вероятность отказа 1 км газопровода?

Для расчета используется интенсивность отказов участка **данного** трубопровода (длиной 1000 км) в год, уменьшенная в 1000 раз. То есть для предыдущего примера:

$$0,063/1000 = 0,000063 = 0,63 \cdot 10^{-4} /_{(1000 \text{ км} \cdot \text{год})}.$$

Осредненная за период с 1995 по 1999 год частота возникновения аварий на ГРС составляет примерно 10^{-3} на одну ГРС в год. Доля аварий с загоранием (взрывом) газа, согласно экспертным оценкам, может быть принята равной 30...50 %, в зависимости от типа ГРС. Из них доля аварий, приходящихся на подводящие газопроводы и аппараты очистки газа, составляет 1/3, а на узлы редуцирования и измерения расхода газа – 2/3.

2.2.3. Методы определения вероятности

В настоящее время существует много методов оценки вероятности возникновения того либо иного события (в частности, отказа). Однако все эти методы можно условно разделить на две большие группы: *качественные и количественные методы*.

Качественные методы дают получаемому значению вероятности оценку по следующим показателям:

- событие невозможно;
- событие маловероятно;
- событие вероятно;
- событие высоковероятно;
- событие неизбежно.

Количественные методы оценки вероятности позволяют получить конкретное число вероятности события ($0,63 \cdot 10^{-4} \text{ 1/(1000 км-год)}$ – для интенсивности отказа линейной части в рассмотренном выше примере). Необходимо отметить, что после количественной оценки (получение точного значения) можно провести качественную, наоборот – невозможно.

К качественным методам относятся методы экспертной оценки – создаются специальные опросные листы, в которых эксперт, руководствуясь своим опытом (зачастую на интуитивном уровне), выставляет оценку тому либо иному событию.

Пример

Отказ пневмопривода крана Ду700 на выходе ГПА	Событие маловероятно
Разгерметизация фланцевого уплотнения пылесушителя	Событие вероятно

Оценку проводят несколько экспертов (чем больше количество экспертов, тем точнее оценка). К недостаткам метода относят неточность или «расплывчатость» результата. Кроме того, возникает вопрос: кого можно считать экспертом, а кого – нет.

Количественных методов оценки на сегодняшний день достаточно много. Прежде всего это расчеты, основанные на статистических данных

(подобно тому, что мы рассматривали выше). Этот метод наиболее точен, однако требует огромного массива статистических данных по различному оборудованию: магистральным и технологическим трубопроводам, кранам, клапанам, редукторам, уплотнениям, датчикам и даже используемым болтам, гайкам и пружинам, так как и они могут стать причиной аварии.

Попытки создать методики, не требующие знания обширной базы данных вероятностей отказа, для инженеров, определяющих вероятность события, предпринимались ещё в Советском Союзе.

Пример – «Методика анализа частных факторов взрывоопасности и их количественная оценка» из «Общих правил взрывобезопасности...», утвержденных Госгортехнадзором СССР 6 сентября 1988 года.

Одна из последних разработок (1998) принадлежит Санкт-Петербургскому научно-исследовательскому Центру экологической безопасности (при Российской Академии наук) и Центру стратегических исследований гражданской защиты (при МЧС России). Используется аналогичный подход, однако учитывается количество содержащегося вещества, уровень воспламеняемости вещества и, кроме многих других, даже направление ветра относительно расположения населенных районов.

В целом при анализе можно использовать качественные и количественные методы. Практика показывает, что использование сложных количественных методов зачастую дает значения показателей риска, точность которых для сложных технологических систем невелика (РД 03-418-01). В связи с этим проведение полной количественной оценки более эффективно для сравнения источников опасностей или различных вариантов мер безопасности, чем для составления заключения о степени безопасности объекта. Однако для сравнения опасностей различной природы и для оценки последствий аварий с иллюстрацией результатов необходимо использовать именно методы количественной оценки.

2.3. Составление деревьев отказов и событий

Для того чтобы определить наиболее эффективные меры по предотвращению аварии, необходимо рассмотреть генезис аварии, т.е. процесс образования и развития аварии.

Для этого нужно рассмотреть все события, из которых состоит авария и уже тогда пытаться искать пути пресечения её развития.

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, разрушение, выброс, воспламенение, взрыв и т.д.).

Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий» (рис. 2.2).

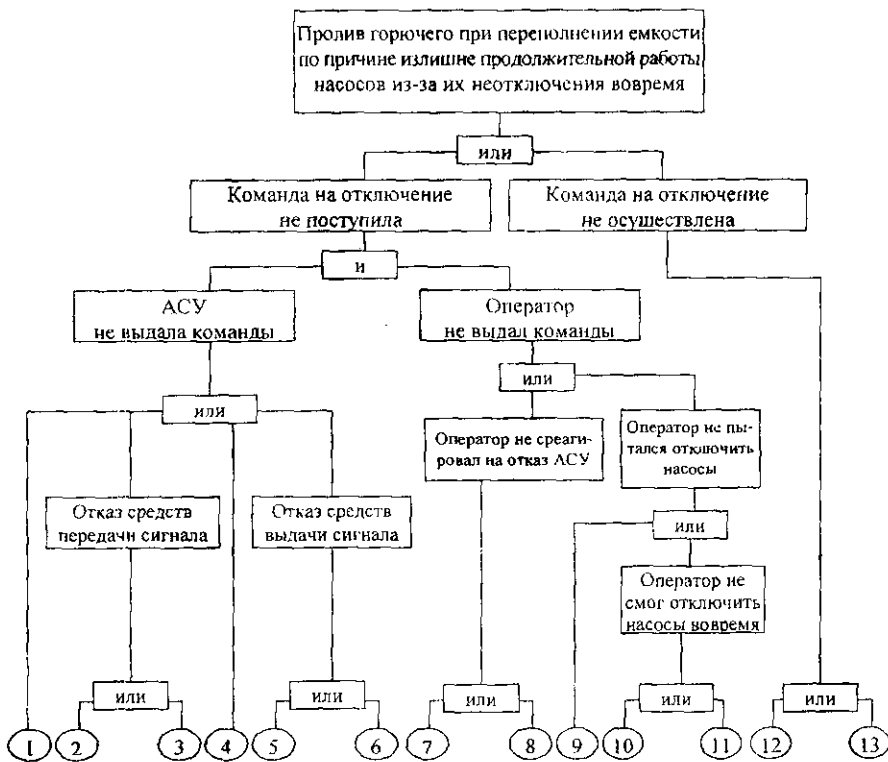


Рис. 2.2. Дерево отказа заправочной операции.
1 – 13 – варианты возникновения аварийной ситуации

При анализе дерева отказов (см. рис. 2.2) выявляются комбинации отказов (неполадок) оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчетных внешних (техногенных либо природных) воздействий, приводящие к головному событию (аварийной ситуации).

Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации и расчета её частоты (на основе знания исходных событий). При анализе дерева отказов рекомендуется определять минимальные сочетания событий, определяющие возникновение аварии.

Анализ дерева событий представляет собой алгоритм построения последовательности событий (рис. 2.3), исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (например, аварии с разгерметизацией оборудования с горючим веществом в зависимости от условий могут развиваться как с воспламенением, так и без воспламенения вещества).



Рис. 2.3. Дерево событий для установки переработки нефти

Далее (рис. 2.4) приведен пример дерева событий для линейного участка газопровода.

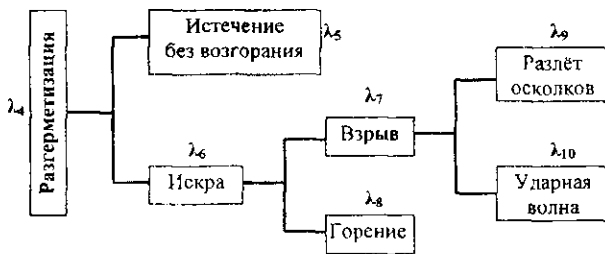


Рис. 2.4. Дерево событий для газопровода:
 $\lambda_1 - \lambda_{10}$ – вероятности реализации соответствующих событий

Можно заметить, что дерево отказов заканчивается самым событием разгерметизации, а дерево событий является развитием аварии, т.е. показывает последствия разгерметизации.

Систематизируя все сопутствующие события, Сафонов и Одишария классифицировали все факторы аварии по группам [10]:

- технологические опасности – факторы, наличие которых предрасполагает к возникновению аварии;
- иницирующие события – факторы, которые могут произойти, дав тем самым толчок к возникновению аварии;
- промежуточные события эскалации аварии – факторы, наличие которых способствует увеличению тяжести последствий аварии, т.е. увеличивающие масштабы аварии;
- промежуточные события снижения риска – факторы, наличие которых способствует снижению тяжести последствий аварии, т.е. уменьшающие масштабы аварии;
- исходы аварии – непосредственные последствия аварии.

Составляющие вышеуказанных групп приведены в таблице 2.3.

Наиболее удобным является совмещение «деревьев отказов и событий». Это дает возможность наложить сценарий развития данной аварии и «пропутешествовав с веточки на веточку» просчитать вероятность развития аварии по данному сценарию. С другой стороны, имея уже построенные деревья, можно легко составлять сценарии аварии, последовательно изменяя пути ее развития. Выявлено, что дополнение нового сценария на «деревьях отказов-событий» дает новую ветку на дереве, а добавление новой ветки даёт десятки новых сценариев.

На рисунке 2.5 представлено дерево отказов и событий для газоперекачивающего агрегата, приведенное в сокращенном варианте без выделения логических операторов «и» и «или» и включающее в себя и дерево отказов, и дерево событий.

Составляющие групп факторов аварий

Технологические опасности	Иницирующие события	Промежуточные события		Исходы аварий
		эскалации аварии	снижения риска	
<p>Значительные объемы хранения:</p> <p>Горючих веществ</p> <p>Относительно опасных веществ</p> <p>Нестабильных веществ</p> <p>Коррозионных (едких) веществ</p> <p>Высокоактивных веществ</p> <p>Токсичных веществ</p> <p>Горючих пылевидных веществ</p> <p>Экстремальные физические условия</p> <p>Высокие температуры</p> <p>Низкие температуры</p> <p>Высокое давление</p> <p>Вакуум</p> <p>Циклические изменения давления</p> <p>Циклические изменения температуры</p> <p>Гидравлические удары</p>	<p>Технологические нарушения</p> <p><i>Отклонения технологических параметров</i></p> <p>Давления</p> <p>Температуры</p> <p>Расхода</p> <p>Концентрации</p> <p>Изменения фазы</p> <p>Загрязнения</p> <p><i>Разгерметизация</i></p> <p>Трубопроводов</p> <p>Резервуаров</p> <p>Сосудов</p> <p>Отказ прокладок и уплотнений</p> <p><i>Неисправности оборудования</i></p> <p>Насосов</p> <p>Клапанов</p> <p>Измерительных приборов</p> <p>Датчиков</p> <p>Блокировок</p> <p><i>Неисправности систем обеспечения</i></p> <p>Электрической</p> <p>Водообеспечения</p> <p>Охлаждения</p> <p>Подачи воздуха</p> <p>Теплообмена</p> <p>Вентиляции</p> <p>Отказ (сбой) системы административного управления</p> <p><i>Ошибки человека:</i></p> <p>При проектировании</p> <p>При строительстве</p> <p>В процессе эксплуатации</p> <p>При техобслуживании</p> <p><i>Внешние события</i></p> <p>Экстремальные погодные условия (ураган, молния и др.)</p> <p>Землетрясения, наводнения</p> <p>Воздействия других аварий</p> <p>Вандализм/диверсия</p>	<p>Отказы оборудования</p> <p>Отказ систем безопасности</p> <p>Отказ (сбой) системы административного управления</p> <p>Ошибки человека</p> <p>Небрежность</p> <p>Неопытность</p> <p>Принятие неверных решений</p> <p>Идентиче источника зажигания</p> <p>Печи</p> <p>Котлы и генераторные установки</p> <p>Наличие открытого факела</p> <p>Электровыключатели</p> <p>Статическое электричество</p> <p>Горячие поверхности</p> <p>Курение (сигареты)</p> <p>Эффекты «доминио»</p> <p>Разгерметизация другого оборудования</p> <p>Выбросы других веществ</p>	<p>Адекватная реакция системы контроля и управления или оператора</p> <p><i>Адекватные реакции систем безопасности</i></p> <p>Предохранительных клапанов</p> <p>Систем стравливания давления</p> <p>Систем изоляции</p> <p>Системы смягчения</p> <p>Системы противопожарной защиты (активные и пассивные)</p> <p>Наличие дренажных систем</p> <p>Наличие взрывной вентиляции</p> <p>Внешние факторы реагирования</p> <p>Раннее обнаружение</p> <p>Защитная экипировка персонала</p> <p>Наличие убежищ</p> <p>Эвакуация</p> <p>Специальные конструкции сооружений</p> <p>Обучение</p>	<p>Анализ</p> <p><i>Выброс вещества</i></p> <p>Пожар</p> <p>Струевое пламя</p> <p>Пожары пролива</p> <p>Вспышечные пожары</p> <p><i>Последствия</i></p> <p>Токсическое воздействие</p> <p>Термическое воздействие</p> <p>Воздействие от избыточного давления</p>

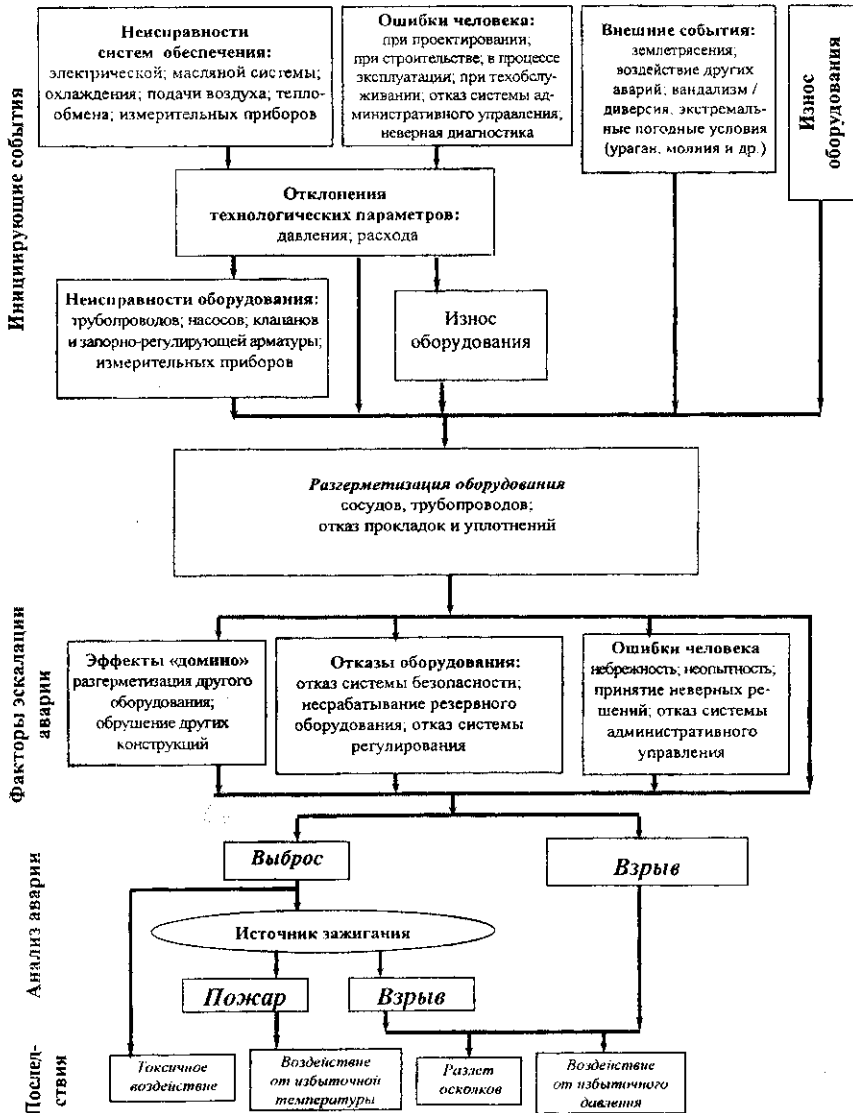


Рис. 2.5. Дерево отказов и событий по блоку ГПА

Для получения конкретного сценария аварии при наличии деревьев отказов и событий достаточно проследить встречающиеся события, двигаясь по одной из ветвей дерева.

При расчете вероятности события следует, по возможности, проанализировать неопределенность и точность полученных результатов. Имеется много неопределенностей, которые связаны, как правило, с неполнотой информации по надежности оборудования и человеческим ошибкам, а также с принимаемыми предположениями и допущениями используемых моделей аварийного процесса.

2.4. Последствия аварий на объектах трубопроводного транспорта

Основными опасностями, присущими промышленной территории объектов трубопроводного транспорта, являются аварии, сопровождающиеся загазованностью, пожарами и взрывами.

Причины аварий на магистральных трубопроводах проиллюстрированы рисунком 2.6.

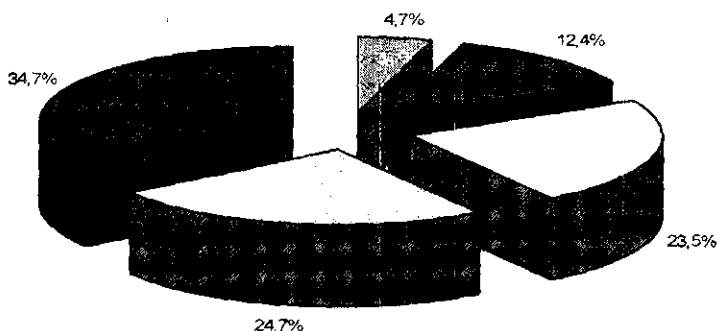


Рис. 2.6. Основные причины аварий на магистральных трубопроводах:
4,7 % – ошибочные действия эксплуатационного и ремонтного персонала;
12,4 % – заводские дефекты труб и оборудования; 23,5 % – коррозионные повреждения труб, запорной и регулирующей арматуры; 24,7 % – нарушение норм и правил производства работ при строительстве и ремонте, отступление от проектных решений;
34,7 % – внешние физические (силовые) воздействия на трубопроводы, включая криминальные врезки, повлекшие потерю продукта

Аварии возникают в основном в ситуации, которая характеризуется следующими факторами:

- неконтролируемым выбросом горючих сред в атмосферу;
- загазованностью территории и образованием взрывоопасного облака топливовоздушной смеси (ТВС);
- наличием источников зажигания.

Опасность загазованности территории связана с образованием полей (зон) концентраций углеводородов, превышающих установленные предельно допустимые значения и достигающих нижнего концентрационного предела взрываемости (НКПВ) как при возможной аварии, так и при нормальном (регламентном) режиме работы технологического оборудования.

Начало развития многих аварий с пожарами и взрывами происходит с фазы формирования зоны загазованности при аварийном истечении или выбросе горючих углеводородных газов в случае разрушения оборудования или трубопровода. Поэтому первым шагом оценки опасностей должно быть моделирование поведения облака ТВС во времени и пространстве.

При аварийной загазованности от разгерметизации оборудования на ее параметры заметное влияние будет оказывать не только масса выброса и количество опасного вещества, участвующего во взрыве, но также метеоусловия, например, направление и скорость ветра в момент аварии. а также наличие осадков. Сценарии аварий для расчета полей загазованности приведены на рисунке 2.7.

При наличии источника воспламенения ТВС может в зависимости от концентрации горючего вещества загореться или взорваться:

- если источник воспламенения достаточной мощности находится в зоне облака с концентрациями горючего вещества от нижнего до верхнего концентрационного предела взрываемости, то последует взрыв;

- в случае же, когда источник воспламенения находится в зоне облака с концентрациями горючего вещества выше верхнего концентрационного предела взрываемости, то скорее всего реализуется его горение.

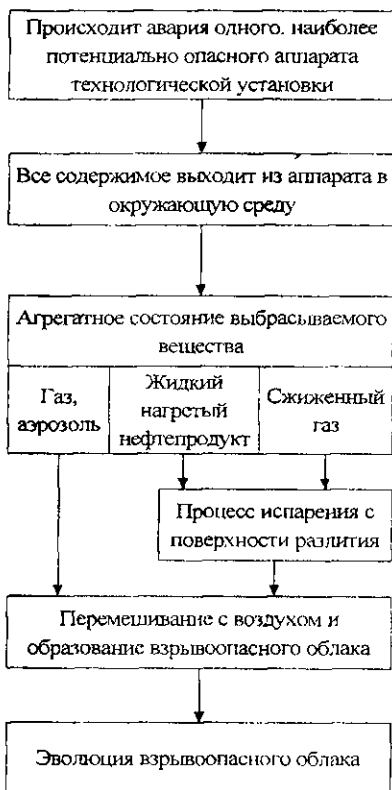
Горение – процесс быстрого (самоускоряющегося) химического превращения вещества, сопровождающийся интенсивным выделением тепла и света. Оно может реализоваться в виде пожара пролива (легко воспламеняющиеся и горючие жидкости), факельного горения и огненного шара. Скорость распространения пламени при горении обычно составляет от 0,2 до 10 м/с. Горение может быть диффузионным и кинетическим.

Взрыв – быстрое преобразование вещества, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов (ударной волны), способ-

ных производить работу (разрушения). Он может осуществляться в режиме детонации и дефлаграции. При детонационном взрыве скорость распространения пламени соизмерима или превышает скорость распространения ударной волны. При дефлаграционном взрыве скорость распространения пламени составляет 50...250 м/с.

Стадии сценария аварии

Факторы оценки стадий сценария аварии



- Анализ взрывопожароопасности
- Предложение о возможном разрушении
- Характер истечения
- Ход истечения
- Параметры источника выброса
- Площадь испарения
- Продолжительность выброса вещества
- Мощность выброса
- Масса вещества, участвующая в образовании облака
- Метеоусловия
- Геометрические характеристики местности
- Распределение концентрации углеводородного поллюганта в облаке по осям X, Y, Z
- Скорость эффективного переноса облака

Рис. 2.7. Сценарий аварии для расчета полей загазованности промышленных территорий

Применяемые в трубопроводном транспорте вещества различаются показателями пожаровзрывоопасности.

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов – совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения может быть пожар или взрыв.

Перечень показателей, характеризующих пожаровзрывоопасность веществ, представлен в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Показатели, характеризующие пожаровзрывоопасность веществ

Показатели	Агрегатное состояние веществ и материалов			
	газы	жидкости	твердые	пыли
Группа горючести	+	+	+	+
Температура вспышки	-	+	+	-
Температура воспламенения	-	+	+	+
Температура самовоспламенения	+	+	+	+
Концентрационные пределы распространения пламени (воспламенение)	+	+	-	+
Температурные пределы распространения пламени (воспламенение)	-	+	-	-
Температура тления	-	-	+	+
Условие теплового самовозгорания	-	-	+	+
Минимальная энергия зажигания	+	+	-	+
Кислородный индекс	-	-	+	-
Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и другими веществами	+	+	+	+
Нормальная скорость распространения пламени	+	+	-	-
Скорость выгорания	-	+	-	-
Коэффициент дымообразования	-	-	+	-
Индекс распространения пламени	-	-	+	-
Показатель токсичности продуктов горения полимерных материалов	-	-	+	-
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода	+	+	-	+
Максимальное давление взрыва	+	+	-	+
Скорость нарастания давления взрыва	+	+	-	+

Примечание. Знак «+» обозначает применяемость; знак «-» – неприменяемость показателя.

При оценке пожаровзрывоопасности к газам относят вещества, абсолютное давление паров которых при температуре 50 °С равно или превышает 300 кПа или критические температуры которых менее 50 °С; к жидкостям – вещества с температурой плавления (каплепадения) менее 50 °С; к твердым – вещества с температурой плавления (каплепадения) от 50 °С и выше; к пыли – диспергированные твердые вещества с частицами размером менее 50 мкм [6, 9, 16].

Группа горючести – классификационная характеристика способности веществ и материалов к горению.

По горючести вещества и материалы подразделяются на три группы:

- негорючие (несгораемые) – вещества и материалы, не способные к горению в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

- трудногорючие (трудносгораемые) – вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но не способные самостоятельно гореть после его удаления;

- горючие (сгораемые) – вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления. Горючие жидкости с температурой вспышки не более 61 °С в закрытом тигле или 66 °С в открытом тигле, зафлегматизированные смеси, не имеющие вспышки в закрытом тигле, относят к легковоспламеняющимся. Особо опасными называют легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С.

Температура вспышки – самая низкая температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура горючего вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

Температура воспламенения – температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

Для оценки параметров воздушных ударных волн (ВУВ) от взрыва аварийных выбросов горючих и взрывоопасных продуктов может быть использована методика, изложенная в ОПВ-96 [1], а также методика [2], согласно которым избыточное давление во фронте ударной волны (ΔP_{ϕ}) и импульс фазы сжатия волны давления ($I+$) зависят от ряда факторов, ос-

новными из которых являются: характеристики горючего газа, содержащегося в облаке ТВС; масса горючего газа в облаке; агрегатное состояние ТВС (газовая или гетерогенная); средняя концентрация горючего газа в смеси; удельная теплота его сгорания; класс окружающего пространства по загроможденности; режим взрывного превращения ТВС; скорость распространения фронта пламени; расстояние от эпицентра взрыва; взаимное расположение объекта и направление распространения воздушной ударной волны.

В зависимости от соотношения перечисленных выше факторов ожидаемый режим взрывного превращения ТВС может быть отнесен к дефляции или детонации.

При прогнозировании последствий воздействия взрывных волн на здания и сооружения используются данные по степени разрушения объектов в зависимости от класса зоны (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Классификация зон разрушений [1, 3, 4, 6]

Класс зоны	Избыточное давление на фронте ударной волны, кПа	Степень разрушения сооружений и зданий	Травмирующее воздействие на людей	K_1
I	≥ 100	Полное разрушение	Смертельное	3,8
II	70	Частичное разрушение	Смертельное	5,6
III	28	Здания не пригодны для обитания	Тяжелое	9,6
IV	14	Разрушение остекления, дверных и оконных переплетов	Средней тяжести	28
V	2	Разрушение до 5 % остекления	Легкое	56

K_1 – константа соответствующего уровня разрушения.

Определение возможных последствий аварий и чрезвычайных ситуаций для персонала и производственных зданий обычно производится с использованием данных по расчетам энергетических потенциалов объектов предприятия и результатов расчетов параметров зон поражения по методикам [1, 2].

В соответствии с «Общими правилами взрывобезопасности химических производств и объектов» (ОПВ-96) категории взрывоопасности устанавливаются по двум показателям – относительному энергетическому потенциалу взрывоопасности (Q_0) и приведенной массе парогазовой среды (m).

Оценочные показатели для различных категорий взрывоопасности технологических блоков (объектов, установок) приведены в таблице 2.6.

Оценочные показатели

Категория взрывоопасности	Q_0	m , кг
I	> 37	> 5000
II	$27 \dots 37$	$2000 \dots 5000$
III	< 27	< 2000

Для определения Q_0 и m необходимо определить общий энергетический потенциал взрывоопасности (E) технологического объекта (стадии, блока). Для определения потенциала взрывоопасности (E , кДж) используют выражение:

$$E = E_1' + E_2' + E_1'' + E_3^{III} + E_3'' + E_4'' ,$$

где E_1' – сумма энергий адиабатического расширения и сгорания парогазовой фазы (ПГФ), находящейся непосредственно в оцениваемом блоке, кДж; E_2' – энергия сгорания ПГФ, поступившей к разгерметизированному участку от смежных объектов (блоков), кДж; E_1'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся за счет энергии перегрева жидкой фазы (ЖФ) рассматриваемого блока и поступившей от смежных объектов за определенное время t , кДж; E_2'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из ЖФ за счет тепла экзотермических реакций, не прекратившихся при аварийной разгерметизации; E_3'' – энергия сгорания ПГФ, образовавшейся из ЖФ за счет теплопритока от внешних теплоносителей, кДж; E_4'' – энергия сгорания ПГФ, образующейся из пролитой на твердую поверхность (пол, поддон, грунт и т.п.) ЖФ за счет теплоотдачи от окружающей среды (от воздуха по зеркалу и твердой поверхности к жидкости), кДж.

По значениям общих энергетических потенциалов взрывоопасности (E) можно рассчитать производные величины Q_0 и m :

$$Q_0 = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E} ;$$

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4} \text{ (кг)},$$

где $4,6 \cdot 10^4$ кДж/кг – единая удельная энергия сгорания.

По значению E (или производных от нее Q_0 и m) можно определить условный радиус полного разрушения (R_0).

В случае полного разрушения вводят константу соответствующего уровня разрушения (K_r).

Значения коэффициента K_i для различных по интенсивности воздействия зон приведены в таблице (см. табл. 2.5).

Разрушающая сила взрыва определяется условно рассчитанной энергией, приведенной к тротиловому эквиваленту.

Тротильный эквивалент взрыва парогазовой среды обозначают W_T и вычисляют по аналогии со взрывами легковоспламеняющихся парогазовых облаков и конденсированных взрывчатых веществ по формулам:

- для парогазовых сред (в кг):

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \cdot \frac{q'}{q_T} Z \cdot m,$$

где 0,4 – доля энергии взрыва парогазовой среды, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны; 0,9 – доля энергии взрыва тринитротолуола, затрачиваемая непосредственно на формирование ударной волны; q – удельная теплота сгорания парогазовой среды, кДж/кг; q_T – удельная энергия взрыва тринитротолуола, кДж/кг; Z – доля вещества, участвующего во взрыве; m – масса взрывчатого вещества в облаке ТВС;

- для конденсированных взрывчатых веществ (в кг):

$$W_T = \frac{q_k}{q_T} \cdot W_k,$$

где q_k – удельная энергия взрыва конденсированного взрывчатого вещества, кДж/кг.

Радиус зоны (м) в общем виде определяется выражением:

$$R = K \cdot \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(3180/W_T\right)^2\right]^{1/6}},$$

где K – безразмерный коэффициент, соответствующий уровню воздействия взрыва на объект.

При массе паров (m) более 5 т радиус зоны (в м) можно определить по формуле:

$$R = K \sqrt[3]{W_T}.$$

Для выполнения практических инженерных расчетов радиусы зон определяют по формуле:

$$R = KR_0,$$

$$\text{где } R_0 = \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}} \text{ при } m < 5000 \text{ кг,}$$

$$\text{или } R_0 = \sqrt[3]{W_T} \text{ при } m > 5000 \text{ кг.}$$

Значения R_0 для случаев взрывов парогазовых сред в незамкнутом пространстве при $Z = 0,1$ можно определить также по относительным (Q_a) и абсолютным (E) уровням энергетических потенциалов и приведенной общей массе (m).

Среди потенциальных факторов пожарной опасности на предприятиях, которые могут оказать сильное дестабилизирующее воздействие на персонал и расположенные рядом объекты, важное место занимает редкое, но чрезвычайно опасное явление – «огненный шар». Образование огненного шара может произойти в случае внезапной разгерметизации оборудования с газом или с перегретой легковоспламеняющейся жидкостью (ЛВЖ) с последующим истечением (выбросом) продукта, его воспламенением от источника зажигания и турбулентным сгоранием образующейся топливно-воздушной смеси.

Хотя время существования «шара» при катастрофическом разрушения емкости относительно не велико (5...20 с), на его поверхности развивается очень высокая температура (до 1700...2000 °С), которая создает условия для интенсивного излучения теплового потока на окружающее пространство.

Основными поражающими факторами этого вида аварии являются мощные радиационные потоки, которые могут вызывать вторичные возгорания, приводить к ожогам и гибели людей на расстояниях, превышающих размеры самого горящего облака.

Интенсивность теплового излучения (q , кВт/м²) для огненного шара определяется по формуле НПБ-5-2000 [5]:

$$q = E_f F_q \tau,$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт·м⁻²; F_q – угловой коэффициент облученности; τ – коэффициент пропускания атмосферы.

В качестве критерия различных уровней вероятного теплового поражения персонала ($P_{от}$) при данном виде аварии принято значение индекса дозы теплового излучения [7]:

$$I = q^4 / 3t,$$

где q – интенсивность теплового потока от огненного шара в расчетной точке, кВт/м²; t – время существования огненного шара, с.

Характерные значения индекса теплового излучения приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Характер поражения персонала в зависимости от полученной тепловой дозы [7, 10]

Относительная вероятность поражения ($P_{от}$)	Индекс тепловой дозы $q^{1,33} \cdot t$
0,01	$1,0 \cdot 10^7$
0,50	$2,3 \cdot 10^7$
0,99	$6,5 \cdot 10^7$
3 степень ожога	$5,5 \cdot 10^5$

Среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени от огненного шара E_f в расчетах обычно рассчитывается или принимается равной 270,0 кВт/м² [7].

Основным поражающим фактором при открытом пожаре на оборудовании или трубопроводах является интенсивность теплового излучения (q , кВт/м²) горящего факела вокруг них, а также возможный прогрев стенок рядом расположенных аппаратов.

Расчет параметров пожарной обстановки при аварии на вышеназванном оборудовании с возникновением открытого пожара факельного горения выполняется по методике НПБ-5-2000 [4]:

$$q = E_f F_q \tau,$$

где E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²; τ – коэффициент пропускания атмосферы; F_q – угловой коэффициент облученности [4].

В качестве критерия опасного теплового воздействия пожара на персонал и оборудование принимается:

- для персонала – тепловые нагрузки, превышающие 1,4 кВт/м² [6, 8];
- для персонала – болевые ощущения незащищенной кожи через 10...20 с – 4,2 кВт/м² [6, 8];
- для человека в брезентовой одежде – безопасно 4,2 кВт/м² [6, 8];
- для оборудования, расположенного рядом, – 18,0 кВт/м².

В случае разрушения сосудов, работающих под давлением, в холодном состоянии или при пожаре возможно образование нескольких осколков (как правило, не более 3 – 4) и разлет некоторых из них на расстояние до 900 и более метров [3].

Дальность разлета осколков будет зависеть от ряда факторов, включая их массу, форму и давление в оборудовании.

Вероятное распределение осколков в зависимости от расстояния для резервуаров по данным методики МЧС [3] представлено на рисунке 2.8.

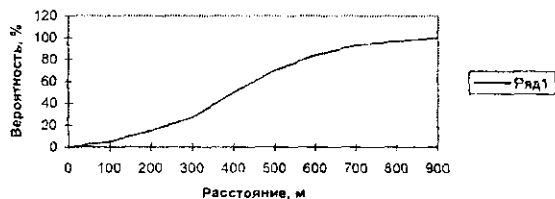


Рис. 2.8. Распределение дальности разлета осколков при разрушении резервуаров

В таблице 2.8 приведены данные, обобщающие статистику аварий с образованием зон осколочных полей при разрушении горизонтальных цилиндрических резервуаров [14].

Таблица 2.8

Разлет фрагментов горизонтальных цилиндрических резервуаров при взрывах расширяющихся паров вскипающих жидкостей

Радиус разлета фрагментов, м	Доля фрагментов в данном радиусе, %	
	торцевые	не торцевые
10	6	18
20	16	30
30	20	44
50	30	65
100	48	80
200	73	91
300	85	96
400	97	99
500	98	100

Расчет возможного числа пострадавших среди персонала от основных поражающих факторов взрывоопасных аварий может выполняться по методике «Оценка последствий аварий на пожаровзрывоопасных и взрывоопасных объектах» с использованием уточняющих данных по характеристикам ВУВ [3].

Вероятное травмирование персонала в результате возможных аварий на объектах производства зависит:

- от типа аварии;
- расположения персонала относительно эпицентра аварии;
- защитных характеристик производственных зданий;
- экранирующих особенностей промышленной площадки, препятствующих распространению опасных производственных факторов;
- стадии управления технологическим процессом;
- скорости и направления ветра;
- времени года;
- правильности действий персонала по плану ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС).

2.5. Анализ рисков

2.5.1. Виды рисков

С понятием безопасности неразрывно связано понятие риска. Согласно Большой Советской Энциклопедии, *риск* -- это возможность наступления убытков вследствие гибели или поражения имущества, либо невозможности выполнения обязательства. Помимо этого, правового, значения, слово «риск» используется также для характеристики степени безопасности (большой или меньший риск) и количественной меры безопасности. Критерии и параметры рисков охарактеризованы в серии книг «Безопасность России» [15].

Строительство и эксплуатация крупномасштабных трубопроводных систем сопряжены с многообразными видами рисков, которые должны быть предусмотрены при подготовке проектов. Обсуждение таких проектов, как переход через Байдарацкую губу (многониточная система Ямал – Запад), «Голубой поток» (газопровод Россия – Турция), требует проведения научных исследований, неформальных экспертиз, суть которых состоит не только в выяснении экономических аспектов проблемы, но и рисков реализации проекта. В настоящее время уже не вызывает сомнения, что процедуры по оценке риска должны быть регламентированы. Использование количественных показателей позволит достичь большей четкости при учете разнообразных негативных и позитивных факторов.

Различают следующие виды риска:

- индивидуальный;
- технический;
- экологический;
- социальный;
- экономический.

Объектом *индивидуального риска* является человек. В качестве источников индивидуального риска выступают особенности организма человека, генетическая предрасположенность, совокупность личностных качеств возможной жертвы потенциальной опасности, вредные привычки, профессиональная деятельность, транспорт, активные формы проведения досуга, социальная и экологическая среда обитания, войны, природные катаклизмы и т.д. Индивидуальный риск исследуется при сопоставлении различных отраслей топливно-энергетического комплекса.

Технический риск характеризует опасность аварий на производственных объектах. При проектировании и эксплуатации трубопроводных систем в первую очередь надо иметь в виду технические риски. Технические риски являются предметом исследования теории надежности и ассоциируются с безотказностью, ресурсом и живучестью как единичными свойствами надежности и безопасности.

Экологический риск выражает опасность негативных воздействий на природу, нарушения нормального существования биоценозов, деградации почв, ухудшения воздушного бассейна, негативных изменений горно-геологических структур в результате деятельности человека. Понятие экологического риска применимо к масштабам территории предприятия, населенного пункта, региона или в планетарном масштабе. Применительно к объектам больших трубопроводных систем газо- и нефтеснабжения следует рассматривать риски процессов деградации воздушного и водного бассейнов, почв, ландшафтов и земных недр. Особенно существенны экологические риски при освоении территорий на Крайнем Севере, таких как полуострова Ямал или Гыданский.

Социальный риск выражает опасность негативных последствий для жизни группы или сообщества людей. Социальный риск возникает в связи с деградацией природной среды, при резком снижении производства в населенных пунктах, ориентированных на одну отрасль промышленности, при катастрофах в системах жизнеобеспечения населения. Так, недостаточные капиталовложения в поддержание работоспособности систем газо- и нефтеснабжения сопряжены с социальными рисками большей части населения страны.

Экономические риски связаны с опасностью невыполнения доходных статей проекта или проявлением отрицательных экономических последствий в результате некоторого вида деятельности. Экономические риски для нефтегазовых компаний могут быть вызваны изменением налогового законодательства, понижением цен или уменьшением спроса, возникновением аварий и катастроф.

При проектировании объектов трубопроводных систем следует иметь в виду все виды риска и детально исследовать те из них, которые наиболее важны для данного проекта.

2.5.2. Социально-психологические аспекты риска

Понятие риска эволюционирует во времени с изменением ценностей, технической приемлемости и восприятия риска. Понимание, оценка и принятие рисков зависит также от того, кем оценивается риск – самим индивидуумом (или группой лиц) или эта оценка со стороны, а также известны или не известны последствия возможных аварий.

Проблема риска также связана с понятием рациональности и процедурой принятия решения в условиях неопределенности. Оказалось, что гипотеза рациональных ожиданий, предполагающая, что каждый рационально действующий человек из различных доступных альтернатив выбирает ту, которая максимизирует ожидаемую пользу, и взятая из теории игр, здесь не проходит. Было экспериментально доказано, что при принятии решений в редко встречающихся ситуациях человек стремится не к максимизации ожидаемой пользы, а к максимальной безопасности.

По мере роста общественного понимания сути техногенного риска происходил сдвиг в системе ценностей. Доминирование технических ценностей уступило место обязательному учету демократических ценностей. Можно констатировать, что существует две принципиальные модели анализа риска – традиционная (техническая) и социально-психологическая (демократическая). Последняя модель связана с непрофессиональным и неэкспертным групповым восприятием риска, на основе той культуры, которая присуща данной группе.

Расхождения между объективным профессиональным и интуитивным непрофессиональным подходами наиболее контрастны в случаях:

- 1) маловероятных, но весьма тяжелых по своим последствиям аварий;
- 2) обеспечения согласованного и контролируемого обществом управления риском;
- 3) определения зависимости между оценками технического и демократического рисков.

Сближение этих двух моделей оценки риска происходит путем практического совмещения технических и демократических ценностей. Это достигается путем создания децентрализованных моделей анализа риска, способных учесть индивидуальную особенность каждого объекта на основе междисциплинарных исследований, позволяющих в полной мере учесть «человеческий фактор» как источник происшествий и аварий.

Как дополнение к техническому анализу риска возник психометрический подход, по которому риск изучается не как свойство природно-технических систем, а как воспринимаемый риск. Психометрический подход занимается психологической трактовкой риска и охватывает анализ восприятия риска (изучение индивидуальных реакций и субъективных интерпретаций риска), индивидуальных и групповых установок в отношении риска (изучение индивидуальных диспозиций и групповых стереотипов – уровень страха, неуверенность, уровень чувствительности в зависимости от расстояния до места происшествия, выражающих отношение различных групп населения к опасности).

Позиция ученых и инженеров является ключевой в информировании общественности о рисках. Обсуждение проблемы безопасности в СМИ можно разделить на три уровня:

- 1) на уровне технических проблем, где степень неопределенности самая низкая, можно ограничиться трансляцией достоверной информации;
- 2) на уровне медицинских проблем (в наибольшей степени волнующих население) необходимо формировать общее понимание проблемы, преодолевая потенциальные антагонизмы в общественном сознании;
- 3) на уровне мировоззренческих проблем (в условиях максимальной неопределенности) наибольшее значение приобретает доверие к сообщаемой информации для формирования на этической основе общего понимания вопросов безопасности.

Существует большая разница между *добровольным риском* и *риском по принуждению*. Свобода рисковать собственной жизнью и здоровьем является неотъемлемым элементом личной свободы. Принуждение других людей к такому риску есть покушение на личную свободу. Общественность всегда враждебно воспринимает риск по принуждению, особенно если она чувствует себя беспомощной перед лицом грозящей опасности.

Люди боятся редких катастроф больше, чем самых распространенных мелких опасностей. Отношение людей к той или иной опасности объясняется тем, насколько хорошо она им известна. Недостаточная информированность питает страхи. Необходимо повысить роль общественности в оценке того риска, который ей предлагается, а также в принятии окончательных решений.

2.5.3. Краткий исторический обзор существующих методов оценки риска и безопасности

Методы оценки риска и безопасности эксплуатации больших систем стали развиваться, начиная с 70-х годов XX столетия, по мере роста общественного понимания опасности ядерного оружия и энергетики, космической техники, сложных химических производств.

В настоящее время теория риска находит широкое применение в различных отраслях нефтегазовой, химической промышленности, на транспорте, где она используется при концептуальном проектировании, размещении, официальном одобрении, проектировании потенциально опасных объектов и пересмотре допустимого уровня безопасности их эксплуатации.

Понятие количественного неэкономического ущерба официально не признавалось и получило права гражданства только в последнее десятилетие, когда исследования по этой тематике получили государственный статус.

Проводятся исследования в области создания нормативной базы обеспечения анализа риска, проведен анализ структуры природного и техногенного риска, разработаны экспертные системы и системы оптимизации мониторинга, инспекции/диагностики, технического обслуживания и ремонта трубопроводов и других объектов, основанные на минимизации риска их эксплуатации, а также работы по экологической безопасности и оценке экологических последствий крупных аварий на нефтепроводах.

Общегосударственные нормативные документы практически всех промышленно развитых стран предписывают необходимость проведения анализа риска, но не требуют строгого следования определенным методам анализа риска, оставляя за предпринимателями – владельцами производств – право создания своих нормативов, которые, однако, должны учитывать общие требования общегосударственных стандартов.

В большинстве зарубежных документов, посвященных применению анализа риска, разрешается на усмотрение предпринимателя использовать один или несколько из следующих *методов анализа риска*:

- «что будет, если? (What – If)»;
- проверочный лист (Check list);
- комбинацию этих двух методов;
- анализ опасности и работоспособности (HAZOP – Hazard and Operability Study);

- анализ видов и последствий отказов (FMEA – Failure Mode and Effects Analysis);
- количественный анализ вида, последствий и критичности отказа (FMECA – Failure Mode and Event Criticality Analysis);
- анализ дерева отказов (FTA – Fault Tree Analysis);
- анализ дерева событий (ETA – Event Tree Analysis);
- анализ слоев безопасности (защиты) (SLA – Safety Layers Analysis);
- полный количественный анализ риска (QRA – Quantitative Risk Analysis).

Из всех перечисленных только QRA является чисто количественным методом, FMECA, HAZOP, FTA и ETA являются таковыми только частично.

Собственник (предприниматель) свободен в выборе метода анализа риска, однако при этом выбранный им метод должен быть научно обоснован (повторяем и проверяем), соответствовать рассматриваемой системе, давать прозрачные, легко понимаемые результаты и должен позволять создавать системы управления риском.

Обычно используются следующие определения категорий отказов:

- катастрофический – приводит к смерти (смертельным повреждениям) людей, наносит невосполнимый ущерб флоре и фауне, полной потере объекта или существенной его части;
- критический (некритический) – угрожает (не угрожает) жизни людей, окружающей среде, создает опасность потери объекта;
- с пренебрежимо малыми последствиями.

Количественный анализ риска (КАР) – это метод определения показателя эксплуатационных возможностей относительно данного уровня безопасности или заданной цели. Он сначала был разработан как инструмент для оценки крупномасштабных аварий, которые по своей природе достаточно редки и потому частота их возникновения и последствия не могут быть определены на основании одних лишь статистических методов. Этот метод в настоящее время широко используется в ядерной и химической промышленности США и Европы, являясь наиболее универсальным и исчерпывающим видом оценки безопасности.

Метод КАР рассматривает все возможные случаи или аварии из-за какой-либо деятельности и оценивает вероятность или частоту каждого такого события и связанные с ними последствия через количество несчастных случаев. Полученная информация затем может быть суммирована и представлена в удобном виде.

Классическая схема количественной оценки рисков представлена на рисунке 2.9.

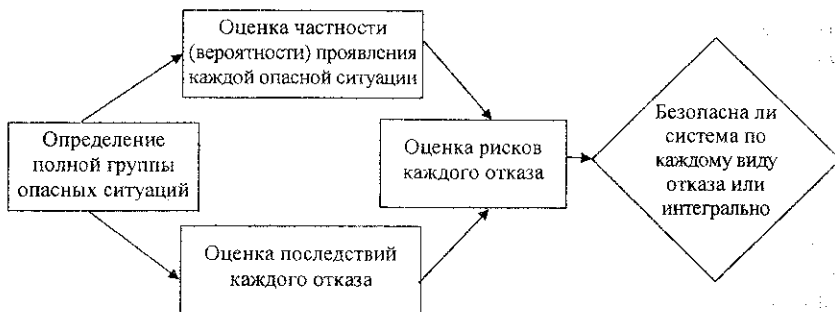


Рис. 2.9. Схема количественной оценки риска

В данном пособии будет рассмотрен количественный анализ риска только как основной, наиболее перспективный и точный метод обеспечения безопасности больших систем.

2.5.4. Классификация опасных ситуаций

Круг задач безопасности определяется перечнем ситуаций, опасных для людей и окружающей среды. В этот перечень входят ситуации, вызванные первичными возмущениями, вредными выбросами объектов энергетики и деградацией природной среды из-за строительства и эксплуатации трубопроводных систем. Отказы по безопасности весьма разнолики по своим проявлениям и причинам, их вызывающим. Перечислим некоторые ситуации, потенциально опасные для людей и окружающей среды:

а) при разведочном и эксплуатационном бурении случаются выбросы газообразных и жидких углеводородов. Известны случаи самовозгорания газовых фонтанов большой интенсивности. При таких авариях сгорает большое количество газа, атмосфера загрязняется продуктами сгорания примесей, например, серной кислотой. Известно, что процесс увеличения количества метана в верхних слоях атмосферы быстро прогрессирует. Хотя бесспорных данных о влиянии этого процесса на изменение климата в планетарном масштабе нет, однако большое число специалистов склонно полагать, что метан является одним из компонентов, приводящих к парниковому эффекту. В Прикаспийской низменности и некоторых других регионах имеются месторождения с аномально высокими давлениями, содержащие значительно больше сероводорода и других примесей, чем

большинство эксплуатируемых в настоящее время или уже выработанных месторождений. Естественно, что аварии в этих регионах будут иметь более серьезные последствия;

б) при разрывах трубопроводов, транспортирующих природный газ, газожидкостные смеси углеводородов, аммиак, продукты нефтепереработки, возможно образование взрывоопасных смесей. Повышенная концентрация в воздухе некоторых газов и испаряющихся жидкостей создаёт угрозу отравления людей;

в) к колоссальным экологическим ущербам приводят иногда аварии на нефте- и продуктопроводах, сопровождающиеся разливами транспортируемых жидкостей. Нефть и нефтепродукты загрязняют почвы, поверхностные и грунтовые воды. Загрязнение в течение длительного времени сказывается на биологической продуктивности растительного покрова, приводит к отравлению воды токсичными веществами, к поражению и уничтожению растительности и живых организмов в реках и других водоёмах. Такие же, хотя и меньшие по масштабам, потери наносит слив нефтепродуктов и конденсата в открытые земляные резервуары при очистке полости трубопроводов;

г) образование взрывоопасных смесей может иметь место также при эксплуатации газо- и нефтепродуктопроводов из-за утечек на перекачивающих станциях через неплотности аппаратуры фланцевых соединений, при износе сальников и т.п. Причиной утечек на линейной части (свищей) чаще всего является коррозионный износ металла. Опасность отравления людей возможна из-за утечек метанола, меркаптиленов, применяющихся при эксплуатации газопроводов. В производственных помещениях недопустимы повышенные концентрации выхлопных газов, образующихся при работе газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций. Наибольшей пожаро- и взрывоопасностью обладают газозооные смеси, образующиеся при испарении сжиженных углеводородов. Жидкие углеводороды характеризуются низкой диффузионной способностью и температурой воспламенения. Процесс горения газозооных смесей сопровождается иногда образованием волнового фронта избыточного давления, обладающего большой разрушительной силой;

д) работы по строительству и монтажу трубопроводов подчас влекут за собой серьезные разрушения природной среды: эрозию почвы, образование оврагов, заболачивание, развитие безлесных ландшафтов, разрушение берегов и русел рек. Последствия оказываются особенно тяжелыми, если при строительстве трубопроводов, например, в районах Крайнего Севера не приняты надлежащие меры. При разрушении растительного покрова (например, из-за перемещения тяжелой строительной техники, тру-

боукладчиков, бульдозеров и т.п.) возможно растепление вечномёрзлых грунтов. Глубина естественного протаивания увеличивается в 2 ~ 3 раза, что приводит к нарушениям гидрологического режима и оказывает негативное влияние на почвенный покров и растительность. К таким же последствиям приводит разогрев грунта трубопроводом. Растепление грунтов вызывает термокаст (провалы грунта при вытаивании льда), пучение и медленное перемещение грунта, процессы эрозии почв и образования оврагов. Механизированная разработка береговых и русловых траншей сопровождается негативным влиянием на природную среду рек и водоемов. Нередки явления размывания береговых участков подводных переходов. Непоправимый ущерб наносится иногда малым рекам;

е) отравление подземных вод жидкими углеводородами может происходить не только из-за инфильтрации с поверхности, но и при нарушении герметичности скважин на промыслах и подземных хранилищах;

ж) серьезной проблемой является предотвращение загрязнения окружающей среды сточными водами, образующимися при эксплуатации нефте- и газодобывающих предприятий, а также предприятий трубопроводного транспорта;

з) негативное влияние на воздушную среду оказывает сжигание в факелах природных газов при добыче нефти, а также побочных продуктов от переработки природных газов. При сжигании образуются диоксид серы, угарный газ и другие вредные вещества. Диоксид серы способствует накоплению в атмосфере аэрозолей серной кислоты, выпадение которой в виде дождей или сульфатов (после соединения с пылью) отравляет растительность и живые организмы;

и) при надземной прокладке трубопроводов нарушаются миграционные пути животных (в том числе оленей), сокращаются кормовые запасы из-за ликвидации растительного покрова или изменения видового состава растений.

Перечень ситуаций, которые могут привести к травмам и гибели людей и отрицательно влияют на ареал обитания человека, на животный и растительный мир, можно было бы существенно расширить. Однако и приведенных примеров достаточно, чтобы представить круг проблем безопасности трубопроводного транспорта.

Другой аспект безопасности – это непосредственные угрозы для персонала и населения. Взрывы и возгорания бытового газа приводят к разрушению жилых домов и жертвам, порой многочисленным. Потенциально еще более опасными являются аварии на магистральных газопроводах, особенно в местах пересечения с транспортными (железные и автомобильные дороги, судоходные реки) и энергетическими (линии высоко-

вольтной электропередачи, трубопроводы) артериями. Масштабы последствий таких аварий приводят к гибели большого количества людей (катастрофа на железной дороге между Уфой и Челябинском в 1989 году, произошедшая из-за разлива жидких углеводородов из продуктопровода, унесла сотни человеческих жизней и вошла в десятку наиболее серьезных техногенных катастроф за всю историю человечества).

2.5.5. Риск как показатель безопасности

Уровень, количественную меру безопасности часто характеризуют показателями, которые называют *рисками*. Этот термин не получил до сих пор однозначного определения. Наиболее употребительны следующие толкования:

- вероятность события, представляющего опасность;
- средний ущерб, выраженный в натуральном измерении;
- комплексная мера опасности, выраженная в условных единицах (баллах).

Примером первого из этих значений служит *оценка индивидуального риска*.

В качестве количественной меры индивидуального риска выбирают отношение количества пострадавших к количеству подвергшихся потенциальной опасности.

Индивидуальный риск от автокатастроф оценивается по формуле: n/N_i , где n – число людей, погибших в автокатастрофах за год; N – число жителей страны (считается, что все жители пользуются автомобильным транспортом).

В США в 70-е годы прошлого столетия риск смертельного исхода при пользовании автомобилем был равен $2,5 \cdot 10^{-4}$ смертей/чел.год.

Из опросов населения установлено, что психология современного человека не позволяет ему мириться с уровнем риска 10^{-4} . При уровне 10^{-3} люди готовы нести финансовые затраты для уменьшения риска. Риск 10^{-5} признается приемлемым, а случаями с вероятностью 10^{-6} обычный человек пренебрегает.

В качестве примера использования понятия риска во втором значении обратимся к характеристике безопасности трубопроводного объекта, состоящего из нескольких секций, как к совокупной мере ущерба ($R = P \cdot M$). Величина P характеризует вероятность утечек (т.е. техническое состояние системы), а M – последствия отказа.

Вероятность P для k секций определяется как взвешенная сумма по факторам:

$$P_i = \sum_k P_{ik} w_k.$$

Рассмотрим (по G. Mayer) следующий типовой перечень факторов (и их весов), определяющих возможные отказы секций:

- 1 – возраст, $w_1 = 15\%$;
- 2 – рабочее давление, $w_2 = 5\%$;
- 3 – диаметр, толщина стенки, $w_3 = 5\%$;
- 4 – материал, спецификация, $w_4 = 10\%$;
- 5 – тип сварки, $w_5 = 10\%$;
- 6 – положение секции в системе, $w_6 = 10\%$;
- 7 – тип продольного шва, $w_7 = 10\%$;
- 8 – катодная защита, характеристика грунта, $w_8 = 5\%$;
- 9 – гидравлические испытания на прочность, $w_9 = 5\%$;
- 10 – изоляционное покрытие, $w_{10} = 10\%$;
- 11 – наличие и интенсивность утечек, $w_{11} = 15\%$.

Величины P_i находятся с помощью специальных процедур.

Расчет вероятных последствий производится аналогично:

$$M_i = \sum_k M_{ik} w_k.$$

Предлагается следующий типовой перечень факторов (и их весов), определяющих тяжесть последствий от аварий:

- 1 – плотность населения, $w_1 = 40\%$;
- 2 – тип строений и расстояние до них, $w_2 = 30\%$;
- 3 – вид транспортируемого продукта, $w_3 = 30\%$.

Таким образом, процесс вычислений нормирован, определение некоторых компонент должно опираться на статистическую и экспертную информацию.

Балльную оценку риска продемонстрируем на двух примерах.

В качестве первого из них возьмём процедуру, рекомендованную (M. Mannon) к применению при проектировании трубопроводов для транспортировки высокосернистых нефтяных газов. Вычисление показателей безопасности производится в соответствии со следующей матрицей рисков:

	A	B	C	D
I	1	2	4	
II	2	3	5	
III	4	5		
IV				

Буквы по верхнему ряду использованы для шкалы частот (интенсивностей) отказов, а римские цифры по левому столбцу – для характеристики отказов по тяжести последствий.

Предлагаются следующие критерии частоты аварий:

А – частые: один отказ или более за первые 10 лет жизни (вероятность 10^{-1});

В – вероятные; один отказ или более за первые 50 лет жизни (вероятность от 10^{-1} до $2 \cdot 10^{-2}$);

С – случайные: менее чем 1 отказ за первые 50 лет жизни, один отказ или более за первые 500 лет жизни (вероятность от $2 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-3}$);

Д – маловероятные: менее чем 1 отказ за первые 500 лет жизни (вероятность менее $2 \cdot 10^{-3}$).

Классификация аварий по тяжести последствий:

I – катастрофические: гибель оперативного персонала; для населения – грозная опасность, которую невозможно обойти; простой оборудования – 90 дней и более;

II – критические: увечья оперативного персонала, возможные случаи травматизма населения, опасность разлива транспортируемого продукта в количестве, не поддающемся ликвидации имеющимися средствами; простой оборудования – от 10 до 90 дней;

III – небольшие: излечиваемые, но требующие, возможно, длительного лечения травмы оперативного персонала; опасности для населения нет; небольшие утечки продукта, которые, однако, нельзя удалить полностью; простой оборудования – от 1 до 10 суток;

IV – пренебрежимо малые: возможны незначительные травмы оперативного персонала; опасности для населения нет; утечки жидкости могут быть удалены; незначительные перебои производственного процесса.

Риск оценивается по девятибалльной шкале в соответствии с приведенной матрицей. Уровни (баллы) 1, 2 отвечают высокому риску – в этом случае требуется переработка проекта с усилением мер по безопасности. Баллы 3, 4, 5 соответствуют среднему риску – в этом случае требуются дополнительные исследования или доработка проекта. Баллы 6 – 9 отвечают низкому риску, но и в этом случае изучение может быть продолжено с целью мобилизации дополнительных ресурсов для уменьшения риска.

В качестве второго примера балльной оценки безопасности возьмём методику, разработанную компанией Dow Chemical Co. В качестве критерия (уровня) риска в методике вводится относительный показатель безопасности трубопровода (relative index of pipeline safety – RIPS). Этот критерий вычисляется по 5 индексам. Четыре из них ($\alpha_1, \dots, \alpha_4$) характеризуют наиболее частые причины отказов линейной части: антропогенные воздействия, коррозия, ошибки проекта, ошибки оперативного управления. Пятый, β , характеризует тяжесть последствий при аварийных утечках.

Для вычисления используется формула:

$$RIPS = \beta (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4).$$

Индексы $\alpha_1, \dots, \alpha_4$ зависят от двух групп факторов. Первую группу составляют факторы, которые нельзя изменить путем целенаправленного воздействия или же такого рода изменения экономически не оправданы. Ко второй группе отнесены факторы, на которые можно воздействовать с помощью технологических и организационных мероприятий.

Трубопровод разбивается на секции, в пределах которых факторы практически неизменны, и критерий *RIPS* вычисляется для каждой секции. Каждый из индексов $\alpha_1, \dots, \alpha_4$ может принимать значения от 0 до 100.

Индекс α_1 характеризует чувствительность рассматриваемого элемента (секции) к антропогенным воздействиям.

Нарушения целостности трубы вызываются производством земляных работ, новым строительством, сельскохозяйственной деятельностью, автомобильными авариями.

В число факторов, от которых зависит индекс α_1 , входят:

- глубина заложения трубопровода;
- внешняя защита;
- интенсивность строительных работ в районах расположения трассы;
- патрулирование трассы (частота и эффективность);
- информационная обеспеченность и оперативное взаимодействие служб;
- программы оповещения населения.

Индекс коррозионной активности α_2 характеризует внутреннюю коррозию, атмосферную коррозию и коррозию подземную. В перечень факторов, оказывающих влияние на индекс α_2 , входят:

- коррозионная активность транспортируемого продукта;
- использование ингибиторов;
- внутреннее покрытие;
- технологические мероприятия (применение дегидраторов, очистка полости поршнями);
- атмосферные условия;
- окраска надземных трубопроводов;
- электрохимическая защита;
- изоляционное покрытие (тип, возраст, состояние);
- коррозионная активность почвы;
- наличие других подземных коммуникаций;
- коррозионные процессы из-за переменных токов.

Индекс качества проекта α_3 зависит от следующих факторов:

- качества стали;
- разности между рабочим (проектным) давлением и допустимым давлением слабейшего звена;
- информации о гидростатических испытаниях (давление опрессовки и сроки проведения);
- усталостной нагрузки;
- волновой нагрузки (гидравлические удары);
- наличия системы контроля (SCADA);
- расположения перемычек;
- эффективности использования снарядов-дефектоскопов.

Индекс α_4 характеризует отказы из-за ошибок диспетчерского персонала, он зависит от следующих факторов:

- запаса (возможности превышения) установленного давления;
- наличия программ повышения профессиональной подготовки персонала;
- полноты перечня мероприятий по обеспечению безопасности;
- системы защиты от ошибок;
- чёткости регламентации должностных обязанностей персонала;
- использования системы SCADA.

Индекс β , характеризующий тяжесть последствий от аварий, учитывает:

- плотность населения;
- токсичность перекачиваемого продукта;
- химическую активность;
- воспламеняемость;
- скорость испарения.

Совокупность вычисленных для каждой секции показателей дает возможность специалистам и администрации сделать определенные выводы.

Принимая во внимание все нормативные требования, можно определить минимальное значение *RIPS*; максимальное же значение получается при наиболее благоприятном сочетании факторов второй группы.

Положение текущего значения показателя в диапазоне его изменения дает представление об уровне опасности (риске) каждого элемента и возможностях его понижения.

При любом способе квантификации безопасности трубопроводной системы достигаются следующие цели:

- показатель безопасности является объективной характеристикой предприятия и позволяет сопоставить предприятия между собой;
- при текущем ежегодном и среднесрочном планировании затраты на поддержание технического состояния объектов, участков или секций соизмеряются со значениями характеризующих показателей;

- показатель позволяет дать объективное объяснение разницы эксплуатационных затрат на трубопроводы в зависимости от транспортируемого продукта, географического положения, особенностей района прокладки и других факторов, которые не поддаются целенаправленному изменению;

- возможность ранжирования предприятий по степени интенсивности и эффективности их деятельности, направленной на поддержание безопасности, а также по пунктуальности выполнения нормативных требований;

- администрация и инженерные службы предприятия, анализируя вклад отдельных составляющих и факторов в результирующие значения показателя, получают возможность разработать наиболее эффективные программы повышения безопасности;

- сопоставление значений показателя каждого элемента (секции) с показателями близлежащих секций дает возможность выявить слабые места системы.

Каждый из изложенных способов количественной оценки риска ориентирован на определенный объем информации о состоянии элементов трубопроводной системы. Сопоставление их должно опираться на результаты применения к эксплуатируемым объектам. Опыт, накопленный европейскими и американскими компаниями, позволил разработать методику, рекомендованную (ИРЦ Газпром) для российских трубопроводов.

2.5.6. Конкретизация показателей риска

Под риском обычно понимают произведение вероятности опасного события (отказа) на последствия этого отказа. Понятие риска переводит опасность в разряд измеряемых категорий. Риск является мерой опасности и измеряется в тех же единицах, что и последствия (ущерб от отказа).

$$РИСК = \text{Вероятность отказа (опасного события)} \times \\ \times \text{Ущерб от этого типа отказа} = \text{УСЛОВНО ВЕРОЯТНЫЙ УЩЕРБ.}$$

Последствия отказа могут влиять:

- на здоровье и жизнь людей;
- на окружающую среду;
- на имущество (собственность).

Эти последствия могут быть экономическими и неэкономическими (травмы, увечья, гибель людей, необратимые изменения в окружающей среде), выражены в физических, денежных, временных единицах или в числе N пострадавших и погибших людей, объеме погибшей флоры и

фауны, нарушении экологического равновесия. В общем случае последствия отказа могут быть как экономическими, так и неэкономическими. Поэтому риск в общем случае выражается парой величин (U ; N), где U – экономический ущерб; N – неэкономический ущерб.

Понятие экономического ущерба широко используется в оптимизационных задачах конструкционной надежности.

Следует отметить, что анализ риска, связанного с травмами и гибелью людей, вылился в самостоятельное направление, поскольку в период становления теории риска считалось, что неэтично (и невозможно) оценивать цену жизни в экономических показателях. Однако впоследствии такие оценки все же были сделаны, поскольку это позволяло свести задачу минимизации риска к хорошо изученной задаче оптимизации надежности (безопасности) системы.

Анализ степени риска требует оценки вероятностей и последствий каждого механизма отказа, идентифицированного при анализе возможных опасностей. Величина риска чаще всего сравнивается с допустимой величиной, в результате чего риск принимается или отвергается. Если он отвергается, то конструкцию или способ функционирования сооружения меняют так, чтобы риск стал приемлемым. Владелец потенциально опасного объекта (трубопровода) имеет представление об уровне допустимых издержек, который определяет допустимый уровень вероятности отказа с неэкономической ответственностью. Таким образом, можно сопоставить изменения в работе конструкции с тем, чтобы получить допустимый уровень вероятности отказа при минимальных затратах.

Любой анализ риска (и/или надежности) требует определенных данных о системе. Они могут варьироваться в зависимости от минимальной информации о проекте, изготовлении, возведении, опыта эксплуатации потенциально опасного объекта на основе мониторинга его надежности и остаточного ресурса.

Степень риска от потенциально опасного объекта интересует как лицо, которое может пострадать, так и общество в целом (или его часть). Таким образом, различают *индивидуальный* и *общественный риск*.

Индивидуальный риск (ИР) – это частота (вероятность), с которой отдельное лицо может ожидать опасности подвергнуться вредному воздействию (травмы, смерть) вследствие реализации определенной угрозы (проявления отказа). Например, для газопровода *индивидуальный риск* – это частота (вероятность), при которой отдельно взятый человек, находящийся на определенном расстоянии от трубопровода, получает смертель-

ное повреждение от заданного уровня воздействия (например, термической радиации), возникшего от реализации конкретной опасности (например, пожара заданной интенсивности). Индивидуальный риск – это условная вероятность смерти (травмы) человека при всех количественно заданных параметрах источника опасности.

Пример индивидуального риска – опасность погибнуть в дорожном происшествии. В Англии, например, это в среднем около 100 человек из миллиона в год, т.е. 10^{-4} /год. Следует отметить, что индивидуальный риск одинаков независимо от того, один человек или много лиц подвергаются риску.

Возможен ряд способов рассмотрения индивидуального риска для лиц в зоне данного сооружения и за ее пределами.

- *Кривые изориска.* График кривых изориска (равновеликих рисков) выражает риск для отдельного лица в зависимости от его географического местонахождения. Проводится оценка индивидуальных рисков для всевозможных местонахождений, и определенные аналитические кривые равных уровней индивидуальных рисков наносятся на карту исследуемой местности.

Кривые изориска находят особое применение в планировании землепользования. Предполагаемые жилые или другие районы с высокой плотностью населения необходимо исключать из зон вокруг потенциально опасного объекта с недопустимо высоким риском.

- *Пересечения индивидуальных рисков.* Это обобщенные представления индивидуальных рисков на расстояниях, перпендикулярных по отношению к такому линейному сооружению, как трубопровод. Поскольку они не учитывают розу ветров (что важно в случае пожара или распространения ядовитых газов), они не относятся к какому-либо конкретному участку. Однако являются полезным способом представления риска, особенно на стадии планирования трассы трубопровода. Когда трасса трубопровода приближается к городу или другому месту, представляющему особой интерес, для большей точности следует рассчитать кривые индивидуальных рисков.

Общественный, или социальный, коллективный риск (ОР) – это зависимость между частотой (вероятностью) и количеством пострадавших людей (травма, смерть) среди данного населения в результате реализации определенной угрозы (отказа потенциально опасного объекта с неэкономической ответственностью).

Примером общественного (коллективного) риска может служить воздушное путешествие. Например, в Великобритании бывает в среднем 10 крупных авиакатастроф в год.

Именно общественная реакция на катастрофы, связанные с увечьями и гибелью людей, отличает общественные риски (как, например, взрыв на нефтяной установке) от более знакомых рисков (например, дорожных происшествий), хотя последние в сумме приводят к гораздо большему числу смертельных случаев в год.

В общественный риск обычно не входит риск для персонала, обслуживающего опасный объект, или для отдельных рискующих лиц.

Возможны различные показатели или представления общественного риска, из которых чаще всего пользуются кривой общественного риска, или кривой $F - N$ (F – частота отказов с неэкономической ответственностью; N – число летальных исходов), и показателем возможных потерь жизни, представляющим собой интеграл площади под соответствующей кривой.

Общественный риск может относиться к отрезку магистрального трубопровода, отдельному участку территории, через которую проходит трубопровод, или к магистральному трубопроводу в целом. Общественный риск позволяет оценить риск для реальных людских сообществ. При этом расчеты должны отражать важные аспекты этого сообщества наиболее реалистичным способом, например, структуру и распределение населения, характер жилищ, присутствие источников возгорания, погодные условия и т.д.

2.5.7. Критерии риска

Для практического использования теории риска необходимо сформулировать критерии и допустимые уровни риска. Эта проблема, являясь универсальной, решается в каждом государстве (и в каждой отрасли промышленности) по-разному. Основной проблемой при определении допустимого уровня риска является нахождение некоторого независимого источника сведений о фактически реализуемом в повседневной жизни индивидуума уровне риска и степени «комфортности» его жизни с тем или иным интегрированным в его жизнь риском. Таким образом, фактически за «точку отсчета» берется уровень риска, который «не замечается» или считается приемлемым в данной среде, коллективе, городе, стране.

В настоящее время сложилось *три способа оценки* этого уровня.

Первый заключается в статистическом анализе потоков отказов объекта с неэкономической ответственностью, с целью определения фактического уровня риска для жизни человека, живущего и работающего на этом объекте. В связи с малым числом таких отказов возможности этого подхода в чистом виде ограничены.

Второй подход связан с решением соответствующих оптимизационных задач, а именно: записывается полный функционал стоимости эксплуатации объекта с неэкономической ответственностью и из условия стационарного (минимального) значения этого функционала находятся параметры и сама оптимальная функция надежности и связанная с ней функция риска. Возможен вариант, когда задаются общие затраты, которые предприятие (отрасль, страна) может себе позволить истратить на эксплуатацию объекта. Затем находят оптимальную (минимальную) функцию риска при этом ограничении.

Третий подход, получивший широкое признание, основан на статистической оценке риска, которому подвергается обычный взрослый человек (а также ребенок, старик) в быту: дома, на даче, на различных видах транспорта, на отдыхе, во время занятий спортом и т.п. Поскольку статистика несчастных случаев и травм для этих видов человеческой деятельности весьма богата и ежедневно пополняется, удается получить достаточно достоверные и несмешанные оценки таких рисков. (Нужно добавить, что имеются оценки рисков и для отдельных видов деятельности человека – туризм, альпинизм, автогонки, плавание, конный, парусный спорт и т.д.).

Основной постулат здесь следующий: обобщенный уровень «бытовых» рисков принимается за «норму», поскольку человек воспринимает свои ежедневные риски как некую данность и часто просто их не замечает. Второй постулат заключается в следующем: если риск травматизма, увечья, смерти на каком-либо производстве не больше, чем в быту, то он считается терпимым. Наличие такой точки отсчета позволяет построить шкалу показателей – критериев индивидуального риска.

В некоторых странах этот подход несколько видоизменен. Оценивается не сам риск летального исхода, а вероятность получения «опасной дозы» или больше. Под «*опасной дозой*» понимается какое-либо опасное воздействие, которое возникает при том или ином отказе потенциально опасного производства (например, тепловое излучение в случае пожара; выделение ядовитых газов при аварии химического производства; ударная волна при взрыве на нефте- или газопроводе и т.п.) и приводящее к следующим результатам:

- серьезное повреждение почти всего населения;
- потребность в медицинской помощи для большого процента, доли населения;
- некоторые люди получили серьезные повреждения, требующие продолжительного лечения;
- особо восприимчивые люди (высокой уязвимости) могут погибнуть.

В целом *опасная доза* – это такая доза, которая приводит к смерти 1 % людей (квантиль порядка 0,01) из типичного среза данной группы.

2.5.8. Нормативы индивидуального риска

Под тривиальной (пренебрежимой) угрозой рядом исследователей понимается риск смертельного случая, равный 10^{-6} 1/год. В Англии этот уровень считается нижним пределом по отношению получения «опасной дозы или больше» для людей высокой уязвимости. Поэтому для оценок риска для населения с большой долей людей высокой уязвимости (например, дома престарелых) предлагается, чтобы этот уровень соответствовал $0,3 \cdot 10^{-6}$. Соответственно, оказывается, что пренебрежимый риск составляет $3 \cdot 10^{-7}$ 1/год; верхний (предельно допустимый) риск – 10^{-5} 1/год.

Голландские национальные нормы дают следующие уровни индивидуального риска для проектирования новых сооружений: пренебрежимый – 10^{-8} 1/год, максимально допустимый – 10^{-6} 1/год. Голландские нормы относятся к риску смерти, в то время как английские рекомендации относятся к опасным дозам.

Аналогичные нормы существуют в США, Германии, Франции, Дании и Норвегии.

На рисунке 2.10 представлены шкалы критериев индивидуального риска, которые построены на основе отечественного и зарубежного опыта.

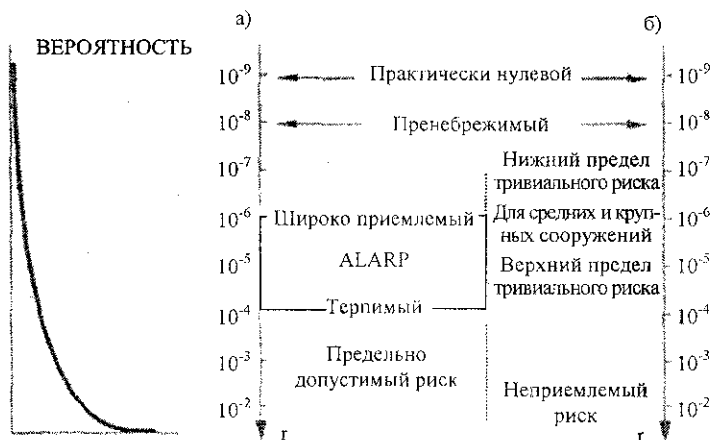


Рис. 2.10. Шкалы критериев индивидуального риска:
 а – по критерию «летальный исход»;
 б – по критерию «получение опасной дозы или больше»

Здесь следует отметить, что различия между пренебрежимыми и тривиальными рисками относятся к разным (более строгим) требованиям для особо уязвимых групп населения (в школах, больницах, местах больших скоплений народа типа стадионов).

Верхний предел для того, кто «добровольно» подвергает себя риску, но при этом извлекает из этого «пользу» (например, работа шахтера, милиционера, рабочего-монтажника), может быть равным 10^{-3} 1/год.

В ряде стран верхние пределы критериев терпимости индивидуальных рисков для работающих в промышленности уже пронормированы и требуются к исполнению. Военнослужащие по контракту, ОМОН, спасатели МЧС, космонавты и др. могут подвергать себя добровольно риску уровня ($10^{-3} \dots 10^{-2}$) 1/год или даже больше.

Указанные на рисунке 2.10 риски не являются единственно возможными. Можно пользоваться и другими критериями риска.

Так, если риск от эксплуатации трубопровода значительно ниже, чем средний риск травмы на каком-либо производстве (например, в Англии это $23 \cdot 10^{-6}$ 1/год), то промышленное сооружение с таким производством можно размещать около трубопровода.

Существуют исследования, основанные на статистике травматизма и несчастных случаев на различных производствах: химических, машиностроительных, сварочных, металлургических и т.д. Каждая из таких групп имеет свой показатель среднего риска.

Следует отметить, что шкалы критериев риска могут сдвигаться как по мере увеличения (уменьшения) общественного богатства страны, роста и вообще особенностей общественного сознания, так и по мере накопления фактического опыта эксплуатации катастрофоопасных объектов, в том числе в опасных районах Земли. Ярким примером тому может служить общественная и научно-техническая реакция на последствия землетрясений в Сан-Франциско, Спитаке и Кобе, наводнений в долине реки Янцзы, Чернобыльской и Бхопальской катастроф, аварии на продуктопроводе под Уфой, когда стали пересматриваться нормы проектирования и изготовления зданий и сооружений в сторону ужесточения требований к конструкциям, технологии производства и обучению персонала.

Используя эти критерии, каждая трубопроводная компания строит кривые индивидуального риска в поперечном сечении своих трубопроводов.

Типичный контур ИР для трубы диаметром 900 мм (36") при рабочем давлении 75 атм. и толщиной стенки 12,7 мм представлен на рисунке 2.11.

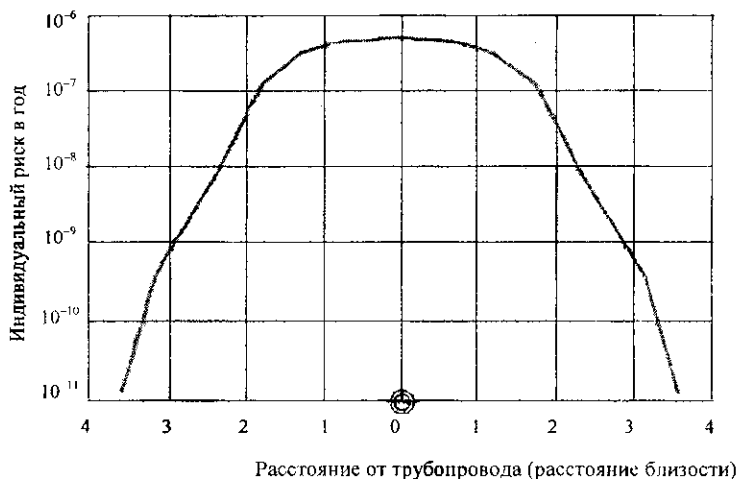


Рис. 2.11. Кривая индивидуального риска

Из рисунка видно:

- максимальное значение ИР остается широко допустимым;
- индивидуальный риск примерно до двух расстояний близости остается достаточно высоким из-за высокой вероятности загорания здания, и тем самым исключается возможность использования его в качестве укрытия.

За пределами этого индивидуальный риск быстро уменьшается, поскольку увеличивается возможность укрытия людей от пожара. Между двумя-тремя расстояниями близости потенциальные смертельные случаи могут возникнуть только среди людей, находящихся на открытом воздухе. Вероятность такого исхода резко уменьшается, поскольку у людей увеличивается возможность избежать излучения за счет отхода на безопасное расстояние.

Под «расстоянием близости» к потенциально опасному объекту (трубопроводу) понимается условное минимально допустимое расстояние, еще обеспечивающее требуемый уровень безопасности. Расстояние близости было определено для газопроводов на основе стационарной модели пожара с уровнем радиации 32 кВт/м^2 и отражало уровень знаний 70-х годов.

В общем случае расстояние близости является функцией расчетного давления в трубе, толщины стенки, отношения (расчетное напряжение/нормативный предел текучести), состава и плотности населения, проживающего на территории, примыкающей к трубопроводу. Кроме того, при определении расстояния близости учитывались такие факто-

ры, как возможность бегства в помещение для спасения от термического излучения; население большую часть времени проводит в помещении; объективно существует необходимость прокладки маршрутов трубопроводов через густонаселенные районы. Последнее обстоятельство привело к тому, что расстояния близости оказались противоречивыми – для густонаселенных (городских) районов его показатели меньше, чем для малонаселенных (сельских).

Поскольку опасности, которые можно разумно уменьшить или исключить, нельзя считать приемлемыми, какими бы минимальными не были частота отказов или последствия, во всех опасных отраслях промышленности Англии возникла концепция ALARP. Это сокращение от «As Low As Considered Reasonably Practical» (как можно ниже по разумным соображениям практичности). Зона ALARP представляет собой зону между терпимым риском (10^{-4} 1/год) и широко приемлемым риском (10^{-6} 1/год) (рис. 2.12). Этот критерий обеспечивается за счет правильного применения принципов оценки надежности и методов управления потенциально опасными объектами.

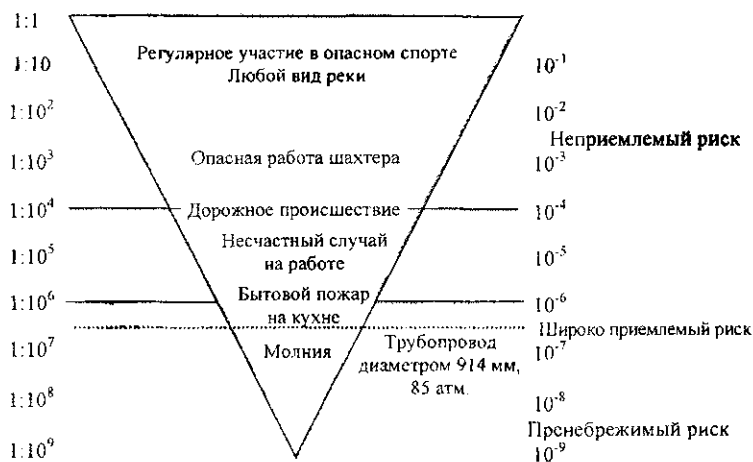


Рис. 2.12. Вероятность гибели в зависимости от причины (вида человеческой деятельности) вне зависимости от времени и места несчастного случая

Концепция ALARP хорошо разработана и для рисков, которые должны контролироваться предприятием. Согласно этой концепции, предприятие

может обеспечивать свой собственный уровень безопасности наиболее удобным для себя способом. Функционально-стоимостный вероятностный анализ риска – обычный инструмент для подобного ряда задач.

Таким образом, концепцию ALARP следует рассматривать как инструмент, позволяющий обеспечить требования закона путем эффективного контроля безопасности, а не как ограничение.

2.5.9. Нормативы общественного риска

Все вышесказанное относилось к индивидуальным рискам.

Общественные риски чаще всего оценивают сравнением с кривыми «частота F отказов с неэкономической ответственностью – число летальных исходов N » (кривые $F - N$), где расчетный отказ трубопровода можно сравнить с рисками от других опасных предприятий. В России нет официально признанных кривых $F - N$.

На рисунке 2.13 представлены характерные кривые $F - N$, построенные для ряда отраслей промышленности Англии.

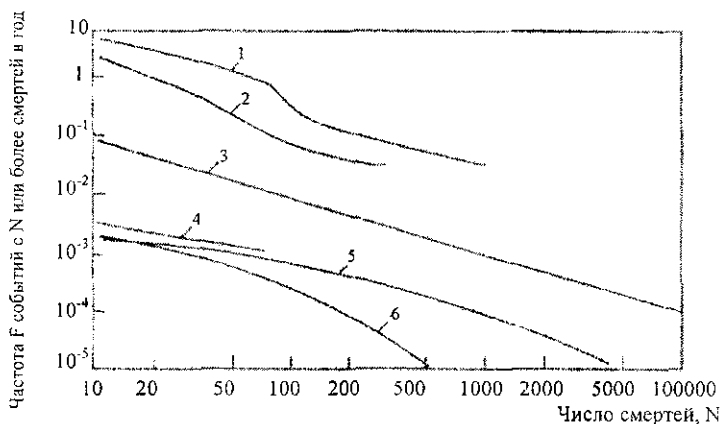


Рис. 2.13. Частота последствий (общественный риск):

1 – авиация; 2 – пожары; 3 – нефтеперерабатывающий завод; 4 – трубопроводы, проложенные в сельской местности; 5 – нефтяные танкеры; 6 – 100 АЭС

Можно ввести критерий общественного риска в виде показателя, называемого «приведенным к масштабу интегралом риска». Он основан не на кривых $F - N$, а выводится на основе индивидуальных рисков, плотности населения, показателя занятости и уязвимости соответствующей группы

людей, часто проживающих компактно. Определение общественных рисков является оценочной операцией, и здесь отсутствуют четкие согласованные пределы допустимости. Однако ряд стран опубликовал уровни приемлемости общественных рисков, что проиллюстрировано рисунком 2.14.

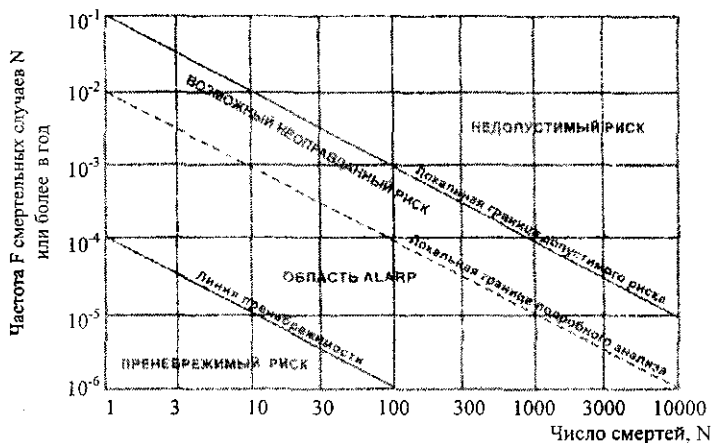


Рис. 2.14. Кривые допустимости общественного риска

Вопрос допустимости общественного риска не является однозначным, поскольку в дополнение к количественной оценке включает философские, морально-этические и социальные соображения, отражающие общественное и политическое восприятие опасности.

Отметим, что различные типы анализа риска для трубопроводов могут иметь своей конечной целью оценку потенциальных потерь, средних потерь, вероятного риска или статистический анализ сценариев риска.

Безопасность и надежность трубопроводного транспорта изучается с момента строительства первых ниток магистральных газопроводов. К настоящему времени разработано достаточно много методик, отражающих различные аспекты оценки безопасности таких систем. Можно сказать, что отдельные направления вполне обеспечены нормативно-методическим материалом, позволяющим прогнозировать надежность и безопасность объектов на всех стадиях их жизненного цикла. В первую очередь это относится к системам и агрегатам, обеспечивающим добычу и перекачку газа (конденсата, нефти): промышленные сооружения, газо- и нефтеперекачивающие агрегаты, соответствующие элементы оборудования. Что касается

транспорта газо- и нефтепродуктов, то наиболее обеспеченными в этом отношении представляются такие объекты, как аппаратура, крановые узлы, морские терминалы и танкеры. Положительная ситуация с расчетами и оценкой надежности данных объектов заключается в том, что, во-первых, большинство таких объектов изготовлены либо другими отраслями, либо на основе развитых технологий других отраслей. Как правило, эти отрасли являются высокотехнологичными и наукоемкими; в силу специфики в них предъявляются повышенные требования к надежности и безопасности как конечных продуктов, так и промежуточной элементной и агрегатной базы. Во-вторых, такие объекты обычно представляют собой серийную продукцию, эксплуатируемую в сходных условиях, а потому в распоряжении специалистов имеется обширная однородная статистическая экспериментальная и эксплуатационная информация об отказах и авариях.

Наибольшие проблемы продолжают оставаться в области прогнозирования показателей надежности и риска линейной части магистральных трубопроводов. Это связано с тем, что большая протяженность трубопровода обуславливает неоднородность воздействий и поведения на отдельных участках. Практически несопоставимы характеры деформирования трубопроводов, проложенных в различных природно-климатических условиях. С другой стороны, отказы и аварии, а также выявленные в процессе эксплуатации повреждения трубопроводов приводят к заменам поврежденных участков: врезке новых труб, заварке дефектов, установке муфт и т.п. Каждая такая ремонтно-профилактическая процедура вносит существенные изменения в характер поведения трубопровода.

Отдельной и слабо прогнозируемой особенностью поведения трубопровода является учет коррозионного воздействия. Кроме того, лишь сравнительно недавно объекты отрасли отнесены к объектам «повышенной ответственности». Во многом это связано с тем, что большой запас прочности и долговечности, заложенный в конструкцию трубопроводов в период их массового проектирования и строительства (примерно 25 – 30 лет назад), в настоящее время себя почти исчерпал в процессе эксплуатации под многолетними (статическими и циклическими) нагрузками в агрессивной среде.

В связи с этим проблематика безопасности и надежности линейной части магистральных трубопроводов не только остается актуальной в силу сложности ее решения, но эта актуальность приобретает новые оттенки. Дополнительную остроту проблеме придает неустойчивая экономическая ситуация в стране и отрасли, где обычно вопросы надежности и безопасности имели высший приоритет и материальные затраты на их обеспечение

(иногда неоправданно высокое) не ограничивали. Вопрос «Какова вероятность критического отказа такого-то участка трубопровода за такой-то срок эксплуатации?» раньше решался сравнительно простыми способами: либо из расчета интенсивности отказов по общей статистике всей совокупной трубопроводной системы, либо из назначенного срока службы – 33 года, который вообще не имел никакого формального подтверждения, даже с точки зрения сроков амортизации. Сейчас такая задача уже не имеет смысла еще и по соображениям информационного «голода», согласно которому в отрасли накапливались в основном данные об авариях, а не история эксплуатации отдельного трубопровода, на основе которой только и можно прогнозировать остаточный ресурс эксплуатируемого объекта. Правильным представляется вопрос: «Какие средства необходимо вложить в ремонт данного участка трубопровода или на реализацию дополнительных мероприятий по продлению его ресурса, чтобы обеспечить приемлемую надежность и безопасность на остаточный срок эксплуатации?»

В связи с тем, что вопросы экономики тесно вторгаются в область надежности технических объектов (равно как и вопросы безопасности) и их значение неуклонно возрастает, в структуре отраслевых терминологических и расчетно-методических нормативных документов должна отражаться соответствующая специфика. Поэтому второй актуальной задачей представляется разработка взаимосвязанной (взаимосогласованной) системы понятий, позволяющей разрабатывать на основе новой лексики математические модели и методы прогнозирования показателей конструктивной и технологической надежности, показателей экономической эффективности и безопасности.

Обеспечение и прогнозирование безопасности включает в себя оценку вероятности аварии и величины ущерба от этой аварии. Поскольку возникновению и развитию аварийной ситуации предшествует переход трубопроводной системы в состояние отказа, то одной из важнейших составляющих анализа риска является вероятностный анализ условий возникновения отказов. Решением данных задач занимается теория надежности. Необходимо разделять понятия и показатели системной технологической надежности и конструктивной надежности отдельных элементов транспортной трубопроводной системы. Обеспечение технологических параметров транспорта газа или нефти обуславливает функциональную надежность системы транспорта (заданное давление, заданный расход и т.п.) и, как следствие, заданные экономические требования к системе поставки продукта. В то время как конструктивная надежность определяется внутренней природой деформирования и деградации свойств конструктивных элементов линейной части газопроводов, объект технологической надежности является более крупным и включает в себя как составной «суперэлемент» линейную часть магистрального тру-

бопровода. Помимо него в транспортную систему входят объекты компрессорных станций, газораспределительных станций и, возможно, (в зависимости от объема рассматриваемой технологической схемы) промышленные сооружения, перерабатывающие предприятия и хранилища. У каждого из объектов свои естественные функциональные цели и задачи, а следовательно, и свои требования по надежности и ее обеспечению, которые обуславливают специфику понятий и показателей.

Аспекты системной надежности и безопасности трубопроводных систем были рассмотрены ранее. Методология вероятностного анализа безопасности систем магистральных трубопроводов является общей в отношении любых транспортируемых продуктов (газ, нефть и т.д.). Отраслевая специфика заключается в оценке причин отказов (область конструктивной надежности магистральных трубопроводов) и степени ущерба в результате развития аварии (специфика собственно вероятностного анализа безопасности объектов магистрального транспорта). Поэтому в данном разделе изложен материал, относящийся непосредственно к вопросам прогнозирования и обеспечения надежности и безопасности магистральных газопроводов. Он носит в значительной степени информационно-методический характер. В основном ставятся конкретные проблемы и излагаются либо общие подходы к их решению, либо опыт практического применения указанных методов.

2.5.10. Характеристика системы газопроводов с позиций промышленной безопасности

Рассмотрим состояние российской системы газопроводов.

В настоящее время в эксплуатации по ОАО «Газпром» находится свыше 153 тыс. км магистральных газопроводов, 5 тыс. км конденсато- и продуктопроводов, около 2 тысяч переходов через водные преграды, более 7 тысяч переходов через железные и автомобильные дороги, около 60 тысяч единиц запорной арматуры. На магистральных газопроводах функционирует 261 компрессорная станция с общим числом цехов 693. Кроме того, в ОАО «Газпром» эксплуатируется 3270 газораспределительных станций. Такие масштабные характеристики элементного состава единой системы газоснабжения (ЕСГ) России, концентрация больших потоков газа в «технологических коридорах», рост диаметров трубопроводов и рабочих давлений, большое число пересечений магистральных газопроводов с транспортными коммуникациями предъявляют повышенные требования к вопросам безопасности их работы, обуславливают необходимость согласованных совместных действий федеральных органов законодательной и исполнитель-

ной власти, местной администрации и ОАО «Газпром» по обеспечению промышленной безопасности объектов магистральных газопроводов.

Проблему промышленной безопасности объектов ЕСГ России усугубляет в настоящее время также массовая газификация густонаселенных районов страны с высокой плотностью застройки, где любая авария может нанести большой ущерб, создать угрозу для жизни и здоровья людей. Особое внимание к магистральным газопроводам и зонам их прохождения обуславливается повышенной взрыво- и пожароопасностью этих объектов, рассматриваемых как потенциальные источники опасных ситуаций.

Согласно Закону Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» под безопасностью в промышленности (иначе – под промышленной безопасностью) понимается состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и их последствий [13].

В соответствии с указанным законом магистральные газопроводы считаются опасными производственными объектами, процессы проектирования, строительства и эксплуатации которых относятся к видам деятельности, требующим специальных разрешений (лицензий) органов Федерального горного и промышленного надзора (Госгортехнадзора) России, а сами магистральные газопроводы являются подконтрольными Госгортехнадзору России.

Актуальность проблемы обеспечения безопасности магистральных газопроводов повышает и фактор возрастного старения ЕСГ России в целом. За счет относительно малого ежегодного прироста общей протяженности средней возраст системы, с учетом протяженности входящих в нее газопроводов, возрастает. Представление о темпах возрастного старения за счет перехода все новых газопроводов в число объектов старших возрастных групп дают сведения по динамике среднего возраста системы (табл. 2.9).

Таблица 2.9

Динамика среднего возраста системы

Годы	Средний возраст системы (с учетом протяженности газопроводов разных возрастов), лет
1994	15,8
1997	17,6
2000	18,6

Перечисленные выше обстоятельства обуславливают повышенное внимание ко всем элементам магистральных газопроводов как к объектам повышенной опасности.

2.5.11. Приоритетные задачи безопасности магистральных газопроводов

Обеспечение безопасности газопроводных систем в зонах их прохождения является многоаспектной (инженерной, социальной, правовой) проблемой. Ее решение обеспечивается целым комплексом нормативно-правовых, производственно-технических и административно-хозяйственных мероприятий, централизованно осуществляемых и регулируемых ОАО «Газпром» при активной поддержке государственных и местных органов власти, заинтересованных организаций и служб. К таким мероприятиям в первую очередь относятся:

- нормативно-правовое регулирование безопасности (совершенствование законодательства о трубопроводном транспорте, норм и правил проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводов);

- непрерывное повышение технического уровня эксплуатации, развитие средств автоматизации и телемеханизации, совершенствование методов слежения за режимами функционирования объектов, методов обнаружения утечек газа, рациональная организация производства, строгая должностная регламентация, предусматривающая персональную ответственность должностных лиц и обслуживающего персонала за безаварийное функционирование объектов, развитие системы обучения и переподготовки (повышения квалификации) персонала;

- развитие системы диагностики технического состояния и методов оценки и прогнозирования остаточного ресурса трубопроводов и оборудования для обоснования продления сроков их службы;

- совершенствование технологии и организации текущих и капитальных ремонтов трубопроводов и оборудования, структуры ремонтных служб, служб по предотвращению и ликвидации отказов, модернизация ремонтной техники и технологии;

- совершенствование организации контроля и надзора за безопасностью трубопроводного транспорта;

- улучшение информационного обеспечения вопросов безопасности газопроводов путем создания банков данных об отказах и повреждениях трубопроводов, разработки экспертных систем для анализа технического состояния объектов и принятия решений по своевременному выводу объектов на реконструкцию и ремонт;

- совершенствование системы охраны магистральных газопроводов, включая вопросы обозначения объектов на местности, повышения информированности населения и общественности о функционировании трубопроводного транспорта газа.

На первом месте по приоритетности стоят в настоящее время проблемы диагностики технического состояния магистральных газопроводов, их ремонта и реконструкции. Об этом свидетельствуют приведенные ниже сведения.

На предприятиях ПО «Спецнефтегаз» и ДАО «Оргэнергогаз» в 1999 году внутритрубной диагностикой охвачено более 11700 км газопроводов, при этом было выявлено 13 тысяч дефектов (как незначительных, так и критических). Из них устранено более 2 тысяч критических и опасных дефектов.

В соответствии с Программой капитального ремонта газопроводов в 1998 году отремонтировано 647,7 км газопроводов с объемом затрат 1282 млн. руб. В 1999 году выполнен капитальный ремонт 668,2 км газопроводов с объемом затрат 2352,2 млн. руб. При этом объемы наиболее материалоемкого и капиталоемкого ремонта с заменой труб, с учетом выборочного ремонта, проводимого по результатам внутритрубной диагностики, составили более 500 км. Одна из важнейших задач на ближайшие годы – доведение объемов капитального ремонта магистральных газопроводов до 1,5 тыс. км в год при объеме внутритрубной дефектоскопии не менее 15 тыс. км в год.

Наряду с выполнением ремонтов значительные работы по обновлению объектов эксплуатируемой системы магистральных газопроводов ведутся по планам реконструкции. За весь период их проведения в порядке реконструкции было обновлено около 4,0 млн. кВт газоперекачивающих мощностей; приведено к постоянно обновляемым требованиям норм и правил около 3,6 тыс. км магистральных газопроводов. При этом производительность газотранспортной системы возросла на 5,0 млрд. м³ в год.

Несмотря на жесткий дефицит финансовых и материальных ресурсов ОАО «Газпром» удается поддерживать стабильный уровень безопасности магистральных газопроводов – частота аварий с 1997 по 1999 год снизилась с 0,26 до 0,18 аварий в год на 1000 км эксплуатируемых газопроводов.

Такое снижение аварийности стало возможным только за счет выполнения целевых мероприятий и программ. Основные из них связаны с комплексным совершенствованием средств и методов диагностики технического состояния и ремонта трубопроводов и оборудования с все возрастающими объемами проведения диагностики технического состояния объектов.

В процессе внедрения единой отраслевой системы диагностического обслуживания (ОСДО) оборудования «высокой стороной» компрессорных

станций в 1999 году обследовано техническое состояние 3996 единиц оборудования, 109 км подземных трубопроводов. Выявлено 1520 дефектов оборудования, из них 25 дефектов, при которых дальнейшая эксплуатация была запрещена.

ОАО «Газпром» уделяет большое внимание разработке и созданию современного диагностического оборудования с целью своевременной оценки технического состояния газопроводов и компрессорных станций. Особое значение при этом придается техническому обеспечению внутритрубной дефектоскопии, позволяющей выборочно и в плановом порядке ликвидировать дефекты на газопроводах, многие из которых могли бы стать за короткое время источниками разрывов. Проблема решалась с помощью создания и успешного испытания широкого ряда отечественных образцов диагностической техники.

За счет роста темпов диагностики трубопроводов и последующего «адресного» ремонта ОАО «Газпром» удалось снизить аварийность.

Определенные успехи достигнуты в диагностике стресс-коррозионных повреждений газопроводов:

- созданы и начинают внедряться в практику внутритрубные дефектоскопы, способные обнаруживать продольно ориентированные стресс-коррозионные трещины;

- создаются методики полевой диагностики участков трубопроводов с повышенной стресс-коррозионной опасностью и т.д.

Интенсификация работ по диагностике оборудования и трубопроводов обуславливает повышение требований к средствам механизации, приборам и оборудованию для ремонта технологических объектов ОАО «Газпром».

2.5.12. Основные проблемы безопасности объектов магистральных газопроводов

К наиболее серьезным нерешенным проблемам безопасности объектов магистральных газопроводов относятся следующие.

Стресс-коррозия. Проблема возникновения аварий на газопроводах по причине стресс-коррозии, природа которой на сегодня еще не до конца изучена, стала актуальной уже для целого ряда регионов. За период с 1991 по 1996 год доля таких аварий в России в общем числе аварий составила более четверти, а в 1998 -- 1999 годах она составила 33 % от общего числа аварий, произошедших за этот период. По этой проблеме в ОАО «Газпром» ведутся интенсивные исследования с привлечением ведущих научных центров страны.

Несанкционированные нарушения охранных зон и минимальных (безопасных) расстояний от оси трубопровода. Несмотря на наблюдаемую в последние годы тенденцию к снижению абсолютных показателей аварийности на газопроводах, прослеживается увеличение доли аварийных ситуаций по причине их механических повреждений -- до 11,1 % в 1998 году и 18,5 % в 1999. Это происходит из-за многочисленных случаев несанкционированного проведения различными неведомственными организациями земляных работ в охранных зонах газопроводов, а также проведения строительства и иного освоения территории нередко с грубыми нарушениями минимальных безопасных расстояний от оси газопровода, установленных СНиП 2.05.06-85* (Магистральные газопроводы). Особенно велико число указанных нарушений в зонах действия газотранспортных предприятий, трассы газопроводов которых проходят преимущественно по густонаселенным районам с интенсивным промышленным развитием и транспортной инфраструктурой.

В нарушение СНиП 2.05.06-85* в России в зонах минимальных расстояний газопроводов от сооружений, вопреки многочисленным протестам газотранспортных организаций (направлено свыше 1500 обращений газотранспортных организаций в местные органы власти), построено уже 1857 различных сооружений, основную массу которых составляют дачные дома и постройки, возведенные на садово-огородных участках, что приводит к большому скоплению людей в опасной зоне газопроводов. Имеются случаи проведения различных работ в непосредственной близости от газопроводов без согласования с эксплуатационными организациями.

Несмотря на активную работу, проводимую в установленном порядке газотранспортными предприятиями на местах вместе с органами государственного надзора, прокуратуры и исполнительной власти, эти вопросы решаются, как правило, крайне медленно, а зачастую не решаются вообще. Со стороны местных органов власти каких-либо действенных мер к нарушителям Правил не принимается, что создает обстановку вседозволенности для нарушителей государственных норм.

Создавшееся положение может привести не только к тяжелым последствиям в случаях разрушения газопроводов, но также препятствует проведению профилактических и ремонтных работ, направленных на повышение надежности и безопасности магистральных газопроводов.

Следует подчеркнуть, что в данном случае проблема заключается не в отсутствии законодательной базы, а прежде всего в неукоснительном выполнении существующих нормативных актов и документов. На данном этапе

требуется более активное вмешательство государственных органов власти в дело выполнения требований Закона Российской Федерации «О газоснабжении в Российской Федерации» от 31 марта 1999 года № 69-ФЗ, Строительных норм и правил Госстроя СССР (СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы»), «Правил охраны магистральных трубопроводов», утвержденных Постановлением Совета Министров СССР от 12 апреля 1979 года № 341, запрещающих застройку зоны прохождения газопроводов в пределах минимальных расстояний, указанных в этих нормах, а также определяющих порядок проведения работ в зонах.

В области совершенствования законодательства, по мнению ОАО «Газпром», положительные результаты по защите сохранности газопроводов и обеспечению их надежной и безопасной работы могут дать разработка и принятие пакета законодательных актов, устанавливающих административную и юридическую ответственность органов местной власти, организаций, граждан и должностных лиц за нарушение требований действующих нормативных документов по проектированию, строительству и эксплуатации магистральных газопроводов, обеспечению их охраны и целостности. Аналогичные законодательные документы и системы приняты во всех странах, имеющих развитые сети газопроводов (Великобритания, Испания, Франция, Турция и др.), причем их соблюдение строго контролируется. Примерами государственных систем по контролю за подземными трубопроводами могут служить:

- Система ответственности землевладельцев за работы на их территории (Великобритания);

- Система контроля за строительством в зонах прохождения трубопроводов со стороны властей (Испания);

- KLC в Нидерландах (система получения сведений обо всех подземных коммуникациях);

- CANAGAZ во Франции (система получения сведений о трассах газопроводов компании Газ де Франс») и т.д.

Снижение ресурса оборудования компрессорных станций. Эксплуатация КС в последние годы характеризуется определенным исчерпанием ресурса трубопроводов и оборудования «высокой стороны» большинства компрессорных цехов и связанным с этим увеличением (за последние пять лет) числа аварий и аварийных ситуаций на компрессорных станциях, особенно в северных районах. В сложившихся условиях поддержание требуемого уровня надежности работы парка компрессорных станций ОАО «Газпром» можно обеспечить ежегодным ростом объема обследований обо-

рудования компрессорных цехов (КЦ) до полного их охвата в сочетании с оперативным проведением восстановительных работ по устранению выявленных дефектов.

Дефектоскопия трубопроводов и её возможности. Узким местом в применении внутритрубной дефектоскопии как одного из наиболее эффективных средств раннего выявления дефектов и предотвращения аварий является неготовность части газопроводов к пропуску снарядов-дефектоскопов по причине отсутствия равнопроходной запорной арматуры, узлов приема-запуска и несоответствия углов поворота нормам.

В настоящее время на действующих газопроводах возможен пропуск снарядов на 36 % от общей протяженности. Для решения этой проблемы в ОАО «Газпром» была разработана целевая программа на период 1999 – 2005 годов, которая предусматривала проведение реконструкции 25 тыс. км трубопроводов.

Телемеханизация линейных кранов. По состоянию на начало 1999 года из более чем 150 тыс. км действующих газопроводов было телемеханизировано 22 тыс. км. Несмотря на то, что темпы охвата телемеханизацией газопроводов в 1999 – 2000 годах возросли, в настоящее время еще около 60 % газопроводов телемеханизацией не оборудовано.

Наблюдения 1998 – 1999 годов показали, что применение телемеханизации на действующих газопроводах ОАО «Газпром» резко сокращает время локализации аварийных участков, снижает потери газа при авариях в 1,3 – 8,6 раза (в зависимости от диаметра трубопроводов, протяженности участков и других условий). Проблема заключается в необходимости выделения достаточных финансовых средств на оснащение большей части действующих газопроводов созданными в настоящее время средствами телемеханизации линейной запорной арматуры, без которой невозможна оперативная локализация аварийных участков.

Проблемы охраны магистральных газопроводов. Особо остро эти проблемы встали в последние годы в связи со случаями диверсий на газопроводном транспорте и с массовыми случаями хищения технологического оборудования и его обустройства на трассах с целью добычи цветных металлов, а также в связи со случаями прямого вандализма (бессмысленного их уничтожения).

Осложняют эксплуатацию, выводят из строя функциональные элементы связи, управления, электрохимической защиты от коррозии также случаи хищения кабелей, контактных групп станций катодной защиты (СКЗ) и т.д.

Варварски уничтожаются ограждения запорной арматуры, знаки закрепления газопроводов на местности, установки катодной защиты, контрольно-измерительные колонки и т.д.

Указанные проблемы могут быть решены следующим образом:

- запрещение собственникам магистральных трубопроводов и региональным владельцам земельных угодий, по которым проходят трассы, выдавать сведения о местонахождении трубопроводов, нанесенных на карты землепользователей, без согласования с местными органами ФСБ;

- активизация работы законодательных и исполнительных органов власти на местах по охране магистральных трубопроводов и других технологических объектов ОАО «Газпром»;

- содействие местных органов власти и заинтересованных ведомств в усилении охраны трасс магистральных газопроводов и других технологических объектов, особенно на участках пересечения коридоров трубопроводов, пересечения трубопроводов с коммуникациями других ведомств, а также на воздушных переходах, ГРС, крановых узлах, пересечении с автомобильными и железными дорогами;

- издание закона, запрещающего пунктам вторсырья приемку цветных металлов (кабелей, контактных групп СКЗ и др.) от физических лиц и ужесточающего порядок их приема от юридических лиц;

- издание Закона «О магистральном трубопроводном транспорте», в котором предусмотрена ответственность за умышленное повреждение объектов трубопроводного транспорта;

- разработка и выполнение федеральными органами власти с привлечением ОАО «Газпром» и обязательным участием ФСБ и МВД России целевой программы, направленной на усиление борьбы с технологическим терроризмом и обеспечением физической защиты и противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов, обеспечивающих снабжение топливно-энергетическими ресурсами потребителей Российской Федерации.

Проблемы реконструкции и модернизации ГРС. В ОАО «Газпром» эксплуатируется 3270 ГРС. При этом требуют реконструкции и технического перевооружения 712 ГРС (22 %). Для повышения эффективности и надежности эксплуатации, реконструкции и модернизации парка ГРС необходимо:

- расширение объемов производства и внедрения на объектах ОАО «Газпром» ГРС нового поколения;

- организация ежегодного диагностического обследования ГРС в объеме не менее 20 % от общего количества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств – ОПВ-96.
2. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1999.
3. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах. – М.: ВНИИГОЧС, 1994.
4. НПБ 5-2000 «Определение категорий помещений и наружных установок по взрывопожароопасности».
5. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов.
7. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов.
8. Цагарели, Д.В. Стандартизация в области обеспечения взрывопожаробезопасности технологий хранения нефти и нефтепродуктов / Д.В. Цагарели, В.П. Сучков, А.А. Шаталов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1999.
9. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории. – М.: ГУГПСРФ, 1997.
10. Сафонов, В.С. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В.С. Сафонов [и др.]. – М., 1996.
11. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл. – М.: Мир, 1989.
12. Методика оценки последствий химических аварий (методика «ТОКСИ»). – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1999.
13. О промышленной безопасности: Закон Респ. Беларусь от 10 янв. 2000 г.
14. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ, 1990. – № 2.
15. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность трубопроводного транспорта. – М.: Знание, 2002.
16. Котляревский, В.А. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий: Учеб. пособие: В 3-х кн. Кн. 2 / В.А. Котляревский [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 1996.

3. ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

3.1. Охрана труда.

Организация и осуществление производственного контроля

Ответственность за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатирующей организации и лица, на которых возложены такие обязанности в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

Республиканские органы государственного управления, объединения, подчиненные Совету Министров Республики Беларусь, обеспечивают деятельность по организации и осуществлению производственного контроля в подведомственных им организациях, имеющих опасные производственные объекты.

Основные задачи производственного контроля:

- обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности в эксплуатирующей организации;

- анализ состояния промышленной безопасности в эксплуатирующей организации, в том числе путем организации проведения экспертизы промышленной безопасности;

- разработка мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности и предотвращение ущерба окружающей среде;

- контроль за соблюдением требований промышленной безопасности, установленных законами Республики Беларусь и иными нормативными правовыми актами;

- координация работ, направленных на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности к локализации аварий и ликвидации их последствий;

- контроль за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, ремонтом и проверкой контрольных средств измерений.

Каждая эксплуатирующая организация разрабатывает соответствующее положение о производственном контроле по эксплуатирующей организации, в котором определяется порядок организации и осуществления производственного контроля с учетом технической и технологической специфики эксплуатируемых опасных объектов.

В положении должны содержаться следующие сведения:

- краткая характеристика опасных производственных объектов с указанием потенциально опасных факторов;
- порядок осуществления производственного контроля;
- обязанности и права лица, ответственного за организацию производственного контроля, требования к его квалификации;
- обязанности и права уполномоченного лица (лиц) или уполномоченного органа, осуществляющего производственный контроль за промышленной безопасностью;
- требования к составу информации об организации производственного контроля, представляемой в Проматомнадзор;
- порядок планирования и проведения проверок соблюдения требований промышленной безопасности, а также оформления результатов проверок;
- порядок сбора, анализа и представления информации о состоянии промышленной безопасности (в том числе результатов производственного контроля) структурными подразделениями эксплуатирующей организации, включая вопросы производственного контроля;
- порядок регистрации отступлений от требований промышленной безопасности, выявленных уполномоченными лицами;
- порядок разработки, принятия и реализации решений (в том числе оперативных) по обеспечению промышленной безопасности с учетом результатов производственного контроля;
- порядок учета результатов производственного контроля при решении вопросов материального и морального стимулирования работников эксплуатирующей организации, обеспечивающих промышленную безопасность опасных производственных объектов;
- порядок подготовки и аттестации (проверки знаний) работников, осуществляющих производственный контроль;
- порядок информирования органов Проматомнадзора о результатах производственного контроля и состоянии промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Положение утверждается руководителем эксплуатирующей организации.

По предприятию должны быть назначены:

- ответственный за организацию производственного контроля;
- уполномоченное лицо или уполномоченный орган.

Функции ответственного за организацию производственного контроля возлагаются на одного из заместителей руководителя эксплуатирующей организации.

Уполномоченное лицо должно иметь:

- высшее техническое образование, как правило (как исключение – среднетехническое);
- стаж работы не менее 3-х лет на соответствующей работе на опасном производственном объекте;
- прохождение аттестации (проверка знаний в области промышленной безопасности в объеме выполняемых обязанностей);
- удостоверение.

Обязанности и права работника, ответственного за организацию производственного контроля, определяются положением, утвержденным руководителем предприятия, а также должностной инструкцией и заключаемым с этим работником договором (контрактом).

В случае если руководитель не назначил ответственного лица за организацию и осуществление производственного контроля, обязанности по контролю в полном объеме требований нормативных документов выполняет сам руководитель.

Количество подконтрольных объектов должно определяться исходя из расчета времени, необходимого для качественного выполнения обязанностей, возложенных на уполномоченных.

Уполномоченное лицо, осуществляющее производственный контроль за промышленной безопасностью, обязано:

- обеспечивать проведение контроля за соблюдением работниками опасных производственных объектов требований промышленной безопасности;
- разрабатывать план работы по осуществлению производственного контроля в подразделениях эксплуатирующей организации;
- организовывать и проводить проверки состояния промышленной безопасности;
- организовывать разработку плана мероприятий по обеспечению промышленной безопасности и планов по локализации аварий и ликвидации их последствий;
- организовывать работу по подготовке проведения экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- участвовать в техническом расследовании причин аварий, инцидентов и несчастных случаев;
- проводить анализ причин возникновения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах и осуществлять хранение документации по их учету;

- организовывать подготовку и аттестацию (проверку знаний) работников и области промышленной безопасности;
- участвовать во внедрении новых технологий и нового оборудования;
- доводить до сведения работников опасных производственных объектов информацию об изменении требований промышленной безопасности;
- вносить руководителю организации предложения:
 - о проведении мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, об устранении нарушений требований промышленной безопасности;
 - о приостановлении работ, осуществляемых на опасном производственном объекте с нарушением требований промышленной безопасности, создающих угрозу жизни и здоровью работников, или работ, которые могут привести к аварии или нанести ущерб окружающей природной среде;
 - об отстранении от работы на опасном производственном объекте лиц, не имеющих соответствующей квалификации, не прошедших своевременно подготовку и аттестацию по промышленной безопасности;
 - о привлечении к ответственности лиц, нарушивших требования промышленной безопасности.

Уполномоченные лица имеют право:

- на свободный доступ на опасный производственный объект в любое время суток;
- знакомиться с документами, необходимыми для оценки состояния промышленной безопасности в эксплуатирующей организации;
- участвовать в разработке и пересмотре деклараций промышленной безопасности;
- вносить предложения руководителю о поощрении работников, принимавших участие в разработке и реализации мер по обеспечению промышленной безопасности.

Лицо, ответственное за организацию производственного контроля, обеспечивает контроль:

- за работой уполномоченного лица, осуществляющего производственный контроль за промышленной безопасностью;
- за выполнением условий лицензий на виды деятельности в области промышленной безопасности;
- за строительством или реконструкцией опасных производственных объектов, а также за ремонтом технических устройств, используемых на опасных производственных объектах, в части требований промышленной безопасности;

- за устранением причин возникновения аварий, инцидентов и несчастных случаев;
- за своевременным проведением соответствующими службами необходимых испытаний и технических освидетельствований технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, ремонтом и проверкой средств измерений;
- за наличием необходимых разрешений и сертификатов на применяемые технические устройства;
- за выполнением предписаний органов надзора по вопросам промышленной безопасности.

Проверки соблюдения требований промышленной безопасности должны планироваться и осуществляться так, чтобы обеспечивался эффективный контроль за деятельностью всех структурных подразделений (служб) эксплуатирующей организации, деятельность которых связана с обеспечением промышленной безопасности опасных производственных объектов.

Такие проверки проводятся уполномоченными лицами в целях обеспечения гарантированного и качественного осуществления всех мероприятий и работ по обеспечению промышленной безопасности, а также объективного подтверждения факта их своевременного и качественного выполнения.

Объемы и периодичность проверок планируются с учетом важности проверяемой деятельности для обеспечения промышленной безопасности. Каждая проверка должна проводиться по плану или методике.

При проверке и оценке деятельности структурных подразделений (служб), непосредственно эксплуатирующих опасные производственные объекты, рекомендуется:

- проанализировать наличие предусмотренных штатным расписанием специалистов;
- техническое состояние оборудования;
- соблюдение технологических процессов;
- наличие документации, ее регистрацию и хранение;
- другие вопросы.

Лица, ответственные за проведение проверки, не должны быть непосредственно занятыми в обеспечении функционирования проверяемых объектов.

Результаты проведенной проверки соблюдения требований промышленной безопасности, заключения и рекомендации работников производственного контроля должны представляться в виде отчета на рассмотрение руководству эксплуатирующей организации.

Лица, уполномоченные за осуществление производственного контроля, в случае выявления грубых нарушений правил технической безопасности представляют руководителю информацию для принятия незамедлительных мер по их устранению.

Отчет по результатам проверки должен включать:

- выводы о состоянии уровня технической безопасности по проверяемым объектам;
- конкретные примеры неудовлетворительного состояния работы по обеспечению промышленной безопасности объектов структурными подразделениями (службами) с указанием выявленных отступлений от требований промышленной безопасности, допущенных по их вине;
- указание возможных причин низкого уровня организации и осуществления мероприятий по обеспечению промышленной безопасности объекта;
- предложения по проведению необходимых корректирующих и предупреждающих мероприятий и работ;
- оценку своевременности и качества выполнения предупреждающих мероприятий и работ, предложенных службой производственного контроля в ходе предшествующих проверок.

Результаты проверок (отчеты и предписания) должны регистрироваться службой производственного контроля, доводиться до сведения руководителей и персонала, ответственных за проверенный участок работы, и включаться в систему контроля за устранением и предупреждением нарушений.

В необходимых случаях по результатам таких проверок могут издаваться приказы по эксплуатирующей организации.

Эксплуатирующие организации представляют информацию об организации производственного контроля в Комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике при Министерстве по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь; организации, подведомственные республиканским органам государственного управления, представляют информацию также в эти республиканские органы государственного управления.

Информация об организации производственного контроля должна содержать:

- план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на текущий год;
- сведения об организации системы управления промышленной безопасностью;

- фамилии уполномоченного лица, осуществляющего производственный контроль за промышленной безопасностью, и лиц, ответственных за организацию производственного контроля, их должности, образование, стаж работы по специальности, дату последней аттестации (проверки знаний) по промышленной безопасности в объеме выполняемых обязанностей;

- сведения о количестве опасных производственных объектов;

- о выполнении плана мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, результатах проверок, устранении нарушений, выполнении предписаний органов надзора;

- о состоянии и техническом освидетельствовании технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте;

- план проведения контрольно-профилактических проверок на следующий год;

- оценки готовности эксплуатирующей организации к действиям во время аварии;

- описание аварий и несчастных случаев, произошедших на опасном производственном объекте, анализ причин их возникновения и принятие мер;

- сведения о наличии необходимых лицензий и разрешений на эксплуатацию опасных производственных объектов;

- о подготовке к аттестации (проверке знаний) руководителей, специалистов и других работников, занятых на опасных производственных объектах, в области промышленной безопасности.

3.2. Охрана окружающей среды

В общем смысле под определением *природа* понимают Вселенную, однако во многих случаях, в частности при изучении проблемы природоохранения, пользуются узким, утилитарным понятием природы, ограничивая ее живым миром и неживой материей нашей планеты. Живая составляющая Земли, названная академиком В.И. Вернадским «живым веществом», представлена миром растений, животных и микроорганизмов. Неживым компонентом природы является атмосфера, гидросфера и литосфера.

Область обитания живых организмов называют *биосферой – сферой жизни*. Биосфера представляет собой относительно тонкую оболочку жизни, на Земле – она занимает нижнюю часть атмосферы, распространяющуюся на высоту 12 – 18 км, всю водную среду планеты и ее недра до глубины 2 – 3 км (по Вернадскому она включает и область «белых биосфер».

охватывающую зоны распределения в глубинных недрах Земли биогенных осадочных пород).

Согласно современным представлениям, *биосфера* – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.

Отметим, что границы биосферы в наше время искусственно расширяются. Так, разрабатываются месторождения твердых полезных ископаемых на больших глубинах и, охлаждая воздух в горных выработках, человек создает условия для своего пребывания и жизни микроорганизмов в земных недрах на глубине до 4 км; на большие или меньшие периоды времени создаются изолированные локальные живые миры в приземном космическом пространстве.

Между живой и неживой средой существует взаимосвязь, которая проявляется в первую очередь в биогенной миграции атомов, т.е. в круговороте веществ и перераспределении энергии при участии всех населяющих Землю организмов. Живые организмы изменяют состав атмосферы, гидросферы и литосферы, способствуют перераспределению химических элементов, накоплению органического материала, образованию почвенного слоя и месторождения ряда полезных ископаемых. Совокупность в том или ином участке природной среды живых и неживых компонентов, взаимодействующих между собой, получила название *экологической системы* (экосистемы). Наука о взаимосвязи организмов между собой и косной (неорганической) средой называется *экологией*.

Атмосферой земли называют газовую (воздушную) оболочку вокруг Земли. В зависимости от распределения температуры атмосферу Земли подразделяют по вертикали на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

Тропосфера – самый нижний слой атмосферы до высоты 8...18 км, где сосредоточено до 80 % всей массы воздуха. На верхней границе тропосферы температура воздуха составляет минус 40...80 °С. В пределах тропосферы выделяют пограничный слой мощностью 1...1,5 км, непосредственно прилегающий к земле и включающий приземной слой атмосферы. В пограничном слое движение воздушных масс (скорость ветра и степень турбулентности) определяется трением о поверхность земли и зависит от ее шероховатости, рельефа местности, наличия зданий и сооружений. Высота приземного слоя воздуха (нижняя часть пограничного слоя) составля-

ет 30...50 м от дневной поверхности земли. В этом слое наиболее сильно проявляется механическое и тепловое воздействие подстилающей земной поверхности на воздушное течение. В нем обычно возникают приземные инверсии температуры, туманы, скапливаются загрязнения.

Основными компонентами атмосферного воздуха являются азот (78,084 %) и кислород (20,946 %). На долю остальных газов приходится менее 1 %, в том числе: аргона 0,934 %, углекислого газа 0,027 %, водорода, неона, гелия, криптона, метана 0,009 %. Плотность воздуха составляет 1,2928 г/л, растворимость в воде – 29,18 см³/л.

Состав воздуха и содержание входящих в него компонентов – важнейшие условия существования человека, животного и растительного мира. Поэтому попадание в воздух каких-либо примесей, оказывающих неблагоприятное действие на окружающую среду и здоровье населения, квалифицируется ГОСТом как загрязнение атмосферы [3]. Одновременно примесь определяется как рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Значение атмосферы для биосферы. Атмосфера влияет на климат земли, т.е. пропускает энергию, переносит влагу, уменьшает уровень проникающей солнечной радиации на поверхности. Атмосфера воспринимает газообразные продукты обмена веществ, тем самым оказывая влияние на теплообмен на суше.

Основные источники загрязнения приземного слоя атмосферы в трубопроводном транспорте газа – аварийные выбросы газа при отказах линейной части магистральных газопроводов. Отказы газопроводов вызваны использованием некондиционных исходных материалов (арматура, сварочная проволока и т.п.), нарушением технологии строительно-монтажных работ, ремонта и эксплуатации, коррозией и т.д.

Самопроизвольное возгорание газа при повреждении линейной части или объектов КС, ГРС и АГНКС является, хотя редким и временным, но мощным источником загрязнения атмосферы.

Отрицательное воздействие загрязнителей воздуха обуславливается их токсическими и раздражительными свойствами. Ввиду этого к *наиболее опасным загрязнителям атмосферы* относят:

- окись углерода и сернистый ангидрид, образующиеся в результате сгорания природного газа;
- сжиженные газы – аммиак, метан, этилен, пропан, бутан и др.

Последние являются менее распространенными, однако намечающаяся тенденция к увеличению трубопроводного транспорта этих продук-

тов позволяет рассматривать их в качестве основных загрязнителей воздуха наряду с окисью углерода и сернистым ангидридом.

Природный газ – смесь газов, на 97,45 % состоящая из метана (CH_4) – бесцветное газообразное вещество, не имеющее запаха. Относится к легковоспламеняющимся пожаровзрывоопасным веществам.

Имеет следующие показатели:

- плотность (при 20 °С) 0,684 кг/м³;
- температура самовоспламенения 645 °С;
- пределы взрываемости 5...15 % (по объёму);
- предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны 300 мг/м³;
- предельно допустимая концентрация в воздухе населённых мест – не выше 15 % от нижнего предела воспламенения (0,75 % об. по метану).

Природный газ относится по токсикологической характеристике к веществам 4 класса опасности. Он не ядовит, но обладает удушающим действием при большой концентрации в воздухе, так как при этом снижается концентрация кислорода. Снижение концентрации кислорода до 14 % приводит к легкому физиологическому расстройству, до 12 % – вызывает тяжелое физиологическое расстройство, до 10 % – смертельное удушье.

Оксись углерода – бесцветный газ, оказывающий отрицательное воздействие на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы человека.

Сернистый ангидрид – бесцветный газ с острым запахом, ощутимый человеком уже при концентрации 5...7 мг/м³ в воздухе. Концентрация 20...50 мг/м³ вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и дыхательных путей; более высокая концентрация – одышку и расстройство сознания. Максимальное время пребывания в местах с содержанием сернистого газа 120 мг/м³ в воздухе не превышает 3 мин, а с содержанием 300 мг/м³ – 1 мин.

Во влажном воздухе сернистый газ соединяется с капельками воды и образует аэрозоль серной кислоты с резким запахом, порог ощущения которого составляет 0,6...0,85 мг/м³. При дыхании аэрозоль вызывает раздражение слизистой оболочки дыхательных путей. Рефлекторные изменения дыхания отмечаются при концентрации аэрозоля 3,5...5 мг/м³.

Аммиак – бесцветный газ с резким характерным запахом, порог ощущения – 37 мг/м³. Обладает сильным раздражающим действием на дыхательные пути.

Этилен – бесцветный газ, оказывающий наркотическое действие на человека.

Отрицательное влияние загрязненного воздуха, особенно содержащего сернистый газ, на растительность заключается в подавлении их роста. Из древесных пород наиболее чувствительны к загрязнению воздуха ель, сосна, пихта, лиственница, ольха, ива, береза. Из злаковых культур - пшеница, рожь, ячмень, овес и т.д. Из низших - кустистые лишайники. Установлено, что вредное воздействие сернистого газа на хвойные деревья обнаруживается на расстоянии до 80 км от места выброса.

Смесь углеводородных газов с воздухом при определенных концентрациях примесей пожаро- и взрывоопасна.

Для предупреждения неблагоприятных последствий загрязнений воздуха содержание вредных веществ в атмосфере регламентируется соответствующими нормативными документами. Допустимой считается концентрация вредного вещества, которая не оказывает прямого или косвенного вредного и неприятного действия на организм человека, не снижает его работоспособности, не ухудшает самочувствия. Недопустимыми являются такие концентрации вредных веществ, которые оказывают влияние на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы, условия жизни населения.

Предельно допустимой концентрацией вредного вещества называется такое содержание его в воздухе, которое при ежедневном воздействии в течение неограниченного времени не может вызвать у человека каких-либо патологических изменений или заболеваний.

С 1976 года началась работа по стандартизации всех вопросов охраны окружающей среды и рационального использования всех природных ресурсов. Первый разработанный стандарт - ГОСТ 17.0.0.01-76 «Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения» - введен 01.01.1977 г. и установил систему стандартов, направленных на охрану природы.

Деятельность в области охраны труда и охраны окружающей среды регламентируется нормативными документами [1 - 19].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 17.2.1.01-76 (СТ СЭВ 1366-78). Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.
2. ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.

3. ГОСТ 17.2.1.04-77 (СТ СЭВ 3403-81). Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения.
4. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
5. ГОСТ 17.2.4.02-81 (СТ СЭВ 25998-80). Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
6. Об охране атмосферного воздуха: Закон БССР от 26 ноября 1981 г.
7. О порядке введения в действие Закона БССР «Об охране атмосферного воздуха»: постановление Верховного Совета БССР от 26 ноября 1981 г.
8. Правила охраны атмосферного воздуха: методическое письмо Госкомприроды СССР № 10-4-22/1049 от 14 дек. 1990 г.
9. Правила эксплуатации установок очистки газа: утв. Главным государственным инспектором СССР по контролю за работой газоочистных и пылеулавливающих установок 28 ноября 1983 г.
10. Положение о порядке ведения Государственного кадастра атмосферного воздуха Республики Беларусь: утв. постановлением Кабинета Министров Республики Беларусь от 10 апр. 1995 г.
11. Положение о государственном контроле за охраной атмосферного воздуха: утв. постановлением Совета Министров СССР от 19 авг. 1982 г. № 764 (с изменениями и дополнениями, утв. постановлением Совета Министров СССР от 5 июня 1985 г. № 610).
12. Инструкция по нормированию выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и водные объекты / Государственный комитет СССР по охране природы. - М., 1989.
13. Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на сброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям / ОНД 1-84 Госкомгидромет: утв. председателем Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды 23 апр. 1984 г.
14. Инструкция о порядке составления отчета об охране атмосферного воздуха по форме 2-Т11 (воздух): утв. Госкомстатом СССР по согласованию с Госкомприродой СССР от 7 авг. 1990 г., № 17-24/9-42.
15. Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия: разработ. Государственным комитетом СССР по охране природы. ... М., 1989.

16. Рекомендации по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ: утв. Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды СССР, Западно-Сибирским региональным научно-исследовательским институтом, Западно-Сибирским управлением по гидрометеорологии и контролю природной среды 13 ноября 1987 г. (действуют на территории Респ. Беларусь согласно Письму Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 14-02-9/651 от 24 сент. 1991 г. и Приказу председателя Госкомэкологии Респ. Беларусь № 5 от 3 марта 1993 г.).
17. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для предприятий агропромышленного комплекса: утв. председателем Госпромэкологии Республики Беларусь 14 марта 1994 г.
18. Список предельно допустимых концентраций (ПДК), действующих ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (на 1.10.91).
19. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух: утв. Министерством экологии и природных ресурсов Рос. Федерации 18 ноября 1992 г. (действует на территории Респ. Беларусь согласно Письму Главного государственного санитарного врача Респ. Беларусь № 14-02-9/651 от 24 сент. 1991 г. и Приказу председателя Госкомэкологии Респ. Беларусь № 5 от 3 марта 1993 г.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показано в пособии, наиболее важной составляющей промышленной безопасности является анализ риска.

При проведении анализа риска допускается использовать любые, достаточно обоснованные методы для определения вероятности возникновения аварии как качественные, так и количественные. Однако *качественные методы* (с результатами типа «маловероятно», «вероятно» и «весьма вероятно») дают низкий уровень отображения ситуации. В свою очередь *количественные методы* реализовать в отдельных случаях невозможно либо из-за отсутствия достаточного объема статистической информации, либо из-за сложности расчета по существующим вероятностным методикам, дающим высокую погрешность получаемого результата.

Главная проблема в анализе риска опасных промышленных объектов в настоящее время – отсутствие достаточно точных и общепризнанных количественных методик по определению вероятности возникновения аварии и определению количества продукта, выходящего из разрушенного трубопровода в начальные моменты аварии. Это касается и газопроводов, и нефтепроводов, и нефтепродуктопроводов при возникновении нестационарных процессов истечения транспортируемого продукта из разгерметизированного трубопровода в начальный момент времени развития аварии.

АББРЕВИАТУРЫ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ В ПОСОБИИ

АГКНС	– автомобильная газонаполнительная компрессорная станция
АСУ	– автоматизированные системы управления
ВУВ	– воздушные ударные волны
ГПА	– газоперекачивающий агрегат
ГРС	– газораспределительная станция
ГСМ	– горючесмазочные материалы
ЕСГ	– единая система газоснабжения
ЖФ	– жидкая фаза
ИР	– индивидуальный риск
КАР	– количественный анализ риска
КС	– компрессорная станция
КЦ	– компрессорный цех
ЛВЖ	– легковоспламеняющиеся жидкости
НКПВ	– нижний концентрационный предел взрываемости
ОБУВ	– ориентировочно безопасные уровни воздействия
ОР	– общественный риск
ОПО	– опасный производственный объект
ОСДО	– отраслевая система диагностики оборудования
ОТ	– охрана труда
ПБ	– промышленная безопасность
ПГФ	– парогазовая фаза
ПДВ	– предельно допустимые выбросы
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПЛАС	– планы ликвидации аварийных ситуаций
РД	– рабочий документ
САВД	– системы автоматизированной внутренней диагностики
СКЗ	– станция катодной защиты
СОД	– средство очистки и диагностики
ТВС	– топливовоздушная смесь
ПГФ	– парогазовая фаза

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Проведение анализа промышленной безопасности на магистральных газопроводах	6
Список использованных источников	25
2. Разработка научно-методических основ промышленной безопасности	26
2.1. Идентификация опасностей	26
2.2. Оценка вероятности	29
2.2.1. Анализ аварий	30
2.2.2. Определение вероятности аварии	31
2.2.3. Методы определения вероятности	33
2.3. Составление деревьев отказов и событий	34
2.4. Последствия аварий на объектах трубопроводного транспорта	40
2.5. Анализ рисков	51
2.5.1. Виды рисков	51
2.5.2. Социально-психологические аспекты риска	53
2.5.3. Краткий исторический обзор существующих методов оценки риска и безопасности	55
2.5.4. Классификация опасных ситуаций	57
2.5.5. Риск как показатель безопасности	60
2.5.6. Конкретизация показателей риска	65
2.5.7. Критерии риска	68
2.5.8. Нормативы индивидуального риска	70
2.5.9. Нормативы общественного риска	74
2.5.10. Характеристика системы газопроводов с позиций промышленной безопасности	78
2.5.11. Приоритетные задачи безопасности магистральных газопроводов	80
2.5.12. Основные проблемы безопасности объектов магистральных газопроводов	82
Список использованных источников	87
3. Оценка промышленной безопасности объектов трубопроводного транспорта	88
3.1. Охрана труда. Организация и осуществление производственного контроля	88
3.2. Охрана окружающей среды	94
Список использованных источников	98
Заключение	101
Аббревиатуры, использованные в пособии	102

Учебное издание

ОЦЕНКА РИСКОВ ОТКАЗОВ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине «Промышленная безопасность
объектов трубопроводного транспорта»
для студентов специальности 1-70 05 01
«Проектирование, сооружение и эксплуатация
газонефтепроводов и газонефтехранилищ»

Редактор Р.Н. Авласенок

Подписано в печать 08.12.06. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Печать трафаретная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 6,03. Уч.-изд. л. 6,12.

Тираж 55 экз. Заказ 1604.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»

Лицензия ЛИ № 02330/0133020 от 30.04.04 г.

Лицензия ЛП № 02330/0133128 от 27.05.04 г.

211440 г. Новополоцк, ул. Блохина, 29