

Литература.

1. Федеральный классификационный каталог отходов / Утв. приказом МПР РФ от 2 декабря 2002 г. № 786 (с изменениями, внесенными приказом МПР РФ от 03 июня 2016 г. № 311).
2. Химия нефти и газа: учебное пособие / Рябов В.Д. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2014. – 336 с.
3. Соловьянов, А.А. Переработка нефтешламов с использованием химических и биологических методов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 5. – С. 30–39.
4. Критерии отнесения опасных отходов к классам опасности для окружающей природной среды: методическое пособие по применению / З.А. Васильченко, В.И. Ковалева, А.В. Ляшенко.– М., 2003. – 25 с.
5. Глазовская М.А., Пиковский Ю.И. Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах / М.А. Глазовская, Ю.И. Пиковский // Природа. – 1980. – № 5. – С. 118-119.
6. Бочарникова Е.А. Влияние нефтяного загрязнения на свойства серо-бурых почв Апшерона и серых лесных почв Башкирии: Автореф. дисс...канд. биол. наук, М.– 1990.–16 с.
7. Рьльчикова А.В. Влияние шламовых амбаров «Орехово-Ермаковского» месторождения на окружающую среду : выпускная квалификационная работа : 05.03.06. – Тюмень.– 2016. – 77 с.
8. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пожарнаука. – 2004. – 713 С.
9. Методика определения условий теплового самовозгорания веществ и материалов. – М.: ВНИИПО, 2004. – 67 С.
10. Гидрометцентр России. Архив фактической погоды Томска. // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meteoinfo.ru/archive-pogoda/russia/tomsk>. Дата обращения: 25.03.2017 г.
11. Definition of time induction of self-ignition of the substance on the prognostic extrapolation depending on the basis of indicators fire and explosion hazard /Sechin A., Kyrmakova O., Osipenko S. Journal of Physics: Conference Series. 2016. T. 671. № 1. С. 012030.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

*Д.С. Ермолаев, студент, Ю.В. Бородин, к.т.н., доцент.  
Томский политехнический университет, г. Томск  
634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56  
E-mail: denis.ermolaev.1994@mail.ru*

**Аннотация:** Действующие магистральные и внутрипромысловые нефтегазопродуктопроводы представляют собой сложные технические системы, обладающие мощным энергетическим потенциалом. Строительство и эксплуатация магистральных газопроводов приводит к губительным геоэкологическим последствиям. Источники воздействия: объекты, по которым транспортируется природный газ; землеройная, грузоподъемная, транспортная техника, применяемая при строительстве, эксплуатации и техническом обслуживании трубопроводов. Наиболее чувствительный экологический ущерб наносится в результате аварий на магистральных трубопроводах.

**Abstract:** Operating the main and infield oil-and gas pipelines is a complex technical system, which has a powerful energy potential. The construction and operation of gas pipelines leads to destructive geo ecological consequences. Sources of exposure: facilities that transport natural gas; earthmoving, lifting, transportation machinery, used in the construction, operation and maintenance of pipelines. The most sensitive ecological damage as a result of accidents on pipelines.

Действующие магистральные и внутрипромысловые нефтегазопродуктопроводы представляют собой сложные технические системы, обладающие мощным энергетическим потенциалом и охватывающие 35% территории страны, на которой проживает 60% ее населения.

Строительство и эксплуатация магистральных газопроводов приводит к губительным геоэкологическим последствиям.

Наиболее чувствительный экологический ущерб наносится в результате аварий на магистральных трубопроводах. При разрушении магистрального газопровода и мгновенном высвобождении энергии газа возникают механические повреждения природного ландшафта и рельефа, нарушение целостности почвенно-растительного покрова. При возгорании газа механическое и бризантное воздействие сопровождается

ется термическим воздействием с соответствующим синергетическим поражением территорий радиусом до 540 м от очага аварии. Отмечается разлет фрагментов трубопровода на 480 м [1].

Обеспечение надежной и безопасной эксплуатации магистральных газопроводов является важнейшей задачей обществ, эксплуатирующих газотранспортные системы. От этого во многом зависит нормальная деятельность производственного персонала, жителей населенных пунктов, а также экологическая безопасность функционирования газовых магистралей.

Независимо от производства, в подавляющем большинстве случаев аварии имеют одинаковые стадии развития.

Основные опасности нефтегазодобывающих производств, которые могут привести к возникновению чрезвычайных ситуаций, связаны с авариями в виде пожара, взрыва или токсического выброса. Прогнозирование и предупреждение последствий аварий на таких производствах связано, прежде всего, с прогнозированием и предупреждением действия поражающих факторов при реализации основных опасностей. При всем многообразии возможных сценариев аварий набор поражающих факторов ограничен. Это дает возможность описывать физические воздействия, приводящие к нанесению ущерба людям, материальным ценностям и окружающей среде, конечным числом параметров.

Таблица 1

Основные поражающие факторы аварий на промышленно опасных объектах

Разновидность аварии	Поражающие факторы	Параметры поражающего действия
Пожар, огненный шар	пламя; тепловое излучение	Определение полей поражающих факторов сводится к определению границ зоны пламени и определению текущих значений теплового потока в зависимости от удаления от внешней границы зоны пламени.
Взрывы (в т. ч. взрывы топливовоздушных смесей)	воздушные ударные волны; летающие обломки различного рода объектов технологического оборудования	Параметры поражающего действия воздушной ударной волны - избыточное давление во фронте волны и ее импульс в зависимости от расстояния от места взрыва. Параметры, определяющие поражающее действие осколков, - количество осколков, их кинетическая энергия, направление и расстояние разлета.
Токсический выброс	химическое заражение	Параметрами, характеризующими токсические нагрузки при токсическом выбросе, являются поля концентраций вредного вещества и времена действия поражающих концентраций.

Перечисленные поражающие факторы являются основными для рассматриваемых видов аварий. Однако следует учитывать, что при аварии действует несколько поражающих факторов. Так, при пожаре значительным может быть воздействие токсичных продуктов горения. При взрыве больших масс взрывчатых веществ могут иметь место значительные сейсмические последствия, приводящие к обрушению по этой причине.

Среднегодовой показатель аварийности составляет 50-60 аварий и в целом не имеет устойчивой тенденции к снижению [1].

Основные причины аварий на объектах магистральных трубопроводов:

внешние физические (силовые) воздействия на трубопроводы, включая криминальные врезки, повлекшие утечки;

нарушения норм и правил производства работ при строительстве и ремонте, отступления от проектных решений;

коррозионные повреждения труб, запорной и регулирующей арматуры;

нарушения технических условий при изготовлении труб и оборудования;

ошибочные действия эксплуатационного и ремонтного персонала.

Основной причиной аварий на действующих газопроводах за предыдущие годы является стресс-коррозия (табл.2). Отмечается тенденция роста аварий по этой причине. Если за период с 1990

по 2000 годы средний показатель аварий из-за коррозии под напряжением составил 22,5% от числа общих аварий, то 2000 году - 37,8% [2].

Таблица 2

Причины аварий	% от общего числа
1	2
Наружная коррозия	28,9
в т. ч. по КРН	22,5
Механические повреждения	19,0
Брак строительно-монтажных работ	21,9
в т. ч. брак сварки	13,0
Дефекты труб	11,4
Стихийные бедствия	9,5

Риск рассматривается в качестве универсального средства измерения и сравнения различных опасностей в рамках одной шкалы.

Методология анализа риска включает расчет вероятности появления нежелательного события и оценку последствий.

Анализ риска базируется на собранной информации и определяет меры по контролю безопасности технологической системы. Поэтому основная задача анализа риска заключается в том, чтобы обеспечить рациональное основание для принятия решений в отношении риска.

Анализ риска, или риск-анализ, - это систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды.

Здесь риск - это сочетание частоты (вероятности) и последствий определенного опасного события. Понятие риска включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие, и последствия опасного события [3].

Анализ риска заключается в выявлении (идентификации) опасностей и оценке риска. Под опасностью понимается источник потенциального ущерба или вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба. Идентификация опасности - процесс выявления и признания, что опасность существует, и определение ее характеристик.

Таким образом, применение понятия риск позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий.

Анализ риска проводится по следующей схеме:

Планирование и организация работ;

Идентификация опасностей;

Оценка риска;

Разработка рекомендаций по управлению риском.

Метод риск-анализа должен удовлетворять следующим требованиям: метод должен быть научно обоснован и соответствовать рассматриваемой системе; метод должен давать результаты в виде, позволяющем лучше понимать характер риска и намечать пути борьбы с этим риском; метод должен быть повторяемым и проверяемым.

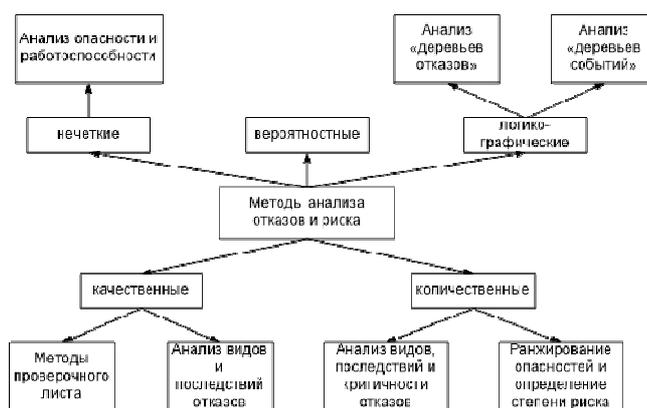


Рис. 1. Классификация методов анализа риска

Методы могут применяться изолированно или в дополнение друг к другу, причем, качественные методы могут включать количественные критерии риска (в основном, по экспертным оценкам с использованием, например, матрицы "вероятность - тяжесть последствий" ранжирования опасности).

Установлено, что расследуется и анализируется не более 20-30% от общего количества аварийных ситуаций. Кроме того, нередко допускаются неточности в классификации аварийных ситуаций, таких как "утечки" или неполадки. Поэтому возникает необходимость правильно и полно классифицировать возможные отказы линейной части магистральных газопроводов.

Отказы разделяются по нескольким критериям.

По этапам формирования: проектный, производственный, эксплуатационный.

По виду отказавшего конструктивного элемента: отказ трубных секций, сварных соединений, изоляционного покрытия, траншей, балластирующих устройств, грунтовой засыпки, ЭХЗ.

По влиянию на эффективность функционирования магистрального газопровода: полный отказ, частичный отказ.

По взаимному влиянию отказов: зависимый и независимый.

По последствиям отказов: отказ с незначительными, значительными и критическими последствиями.

Отказ линейной части магистрального газопровода наступает в основном из-за совокупного влияния дефектов конструктивных элементов.

Регистрируемые в настоящее время отказы линейной части магистрального газопровода являются в основном отказами двух его основных конструктивных элементов - металла трубопровода или сварных соединений.

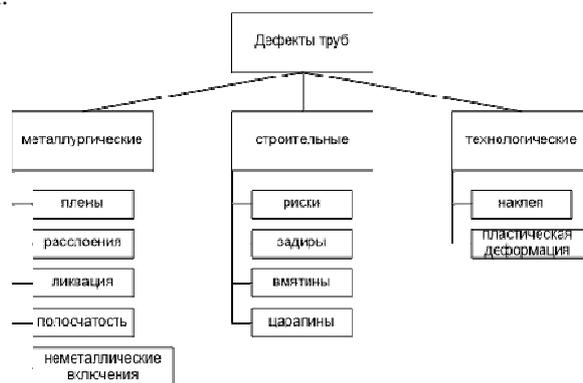


Рис. 2. Классификация дефектов трубных секций



Рис. 3. Классификация дефектов сварных соединений

Отказ линейной части магистрального газопровода вследствие отказа металла трубных секций или отказа сварных соединений - элементы группы А.

Отказ линейной части магистрального газопровода вследствие отказа остальных конструктивных элементов, выражающийся в потере герметичности металла трубных секций или металла сварных соединений - элементы группы Б.

Число состояний объекта, состоящего из семи конструктивных элементов, находящихся в одном из двух состояний - работоспособном и неработоспособном - равно:  $K = 2^7 = 128$ . Так как к отказу могут привести только такие комбинации отказовых состояний, при которых имеет место отказ металла или сварного соединения, то количество отказовых состояний равно  $(128/2) - 2 = 62$ .

Значит, 31 состояние системы приводит к отказам магистрального газопровода.

Отказовое состояние регистрируется в случаях:

разрушения основного металла труб;

разрушения сварных соединений газопровода.

Наиболее опасными с точки зрения разгерметизации магистрального газопровода являются следующие дефекты: трещина и технологическая трещина в металле трубы

Оценка риска включает в себя анализ частоты и анализ последствий.

Для оценки риска возникновения аварии на магистральном газопровode, заключающейся в потере герметичности стенок трубы и сварных соединений, используется метод построения и анализа дерева неполадок и дерева событий.

Графическая форма дерева неполадок, используемого для анализа причин разгерметизации магистрального газопровода, представлена в приложении. Вершиной данного дерева является нежелательное событие - разгерметизация газопровода. Последовательность событий, которые приводят к нежелательному событию в вершине, образуют ветви дерева: дефекты газопровода, ошибки проведения технической диагностики, механизмы и нагрузки. Промежуточные события обозначены прямоугольниками, постулируемые исходные события-предпосылки показаны кругами с цифрами (их наименования и нумерация приведены в табл.2.). Для придания дереву неполадок большей информативности определяются вероятности появления различных событий.

По результатам численного анализа дерева неполадок могут быть выработаны различные рекомендации вариантов решений, на основе которых осуществляется управление процессом.

Конструирование дерева событий происходит аналогично конструированию дерева неполадок. Оно начинается с определения иницирующего события. Каждая ветвь дерева событий представляет собой отдельный результат последовательности событий.

Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на вероятность последующего. При этом сумма вероятностей событий, следующих из каждой точки разветвления дерева событий, равна единице (что, по существу, означает полноту описания возможных сценариев развития аварийной ситуации).

Оценку вероятности событий проводят с использованием статистических данных или расчетными методами. При отсутствии статистических данных для вероятности мгновенного воспламенения истекающего продукта допускается принимать значение 0,05.

Таблица 3

Статистические вероятности сценариев развития аварий

Сценарий аварии	Вероятность
Факел	0,0574
Огненный шар	0,7039
Горение пролива	0,0287
Сгорание облака	0,1689
Взрыв облака	0,1190
Без горения	0,0292

Также по статистике степень аварийности трубопроводного транспорта  $5 \cdot 10^{-6}$  м/год. В 90% случаев происходит выброс содержимого через отверстие 1 дм в стенке трубопровода до тех пор, пока утечка не будет остановлена, в 10% случаев - полный разрыв трубопровода.

Анализ последствий включает оценку воздействий опасных факторов на людей, имущество или окружающую среду.

В практике анализа риска аварии чаще оперируют не с вероятностями, а со средними интенсивностями (частотами) нежелательных событий за определенное время. Если рассматривать происходящие аварии как стационарный пуассоновский поток событий, то связь между вероятностью события. А за время  $t$  и его интенсивностью  $\lambda$  такова:

$$F_A(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Рассмотрим дискретную случайную величину людских потерь  $N$  при аварии на магистральном газопроводе с возможными значениями  $n_0 = 0, n_1, n_2, \dots, n_k$ . Каждое из этих значений  $N$  может принять с некоторой вероятностью  $P_0, P_1, P_2, \dots, P_k$ . Описание дискретной случайной величины  $N$  считается полным с точки зрения теории вероятностей, если установлен закон распределения случайной величины, который представляется в виде ряда распределения.

Литература.

1. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте России: учеб. пособие для вузов/ Под ред. Б.Е. Прусенко, В.Ф. Мартынюка. - М.: Анализ опасностей, 2003. - 351 с.
2. Кульчев В.М., Иванов Е.А., Дадонов Ю.А., Мокроусов С.Н. Трубопроводный транспорт природного газа, нефти и нефтепродуктов и его роль в обеспечении развития и стабильности топливно-энергетического комплекса // Безопасность труда в промышленности. - 2002. - №7. - с.4-10
3. Мокроусов С.Н. Пути повышения безопасности работы нефтегазового комплекса и систем магистрального трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. - 2005. - №1. - с.18-20

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

*Д.В. Михайлов, к.т.н., доц.*

*ГОУ ВПО «Луганский национальный университет имени Владимира Даля»*

*91034 г. Луганск, квартал Молодежный, 20-а, тел. +38 (066)7252402*

*E-mail: kaf\_iznit@mail.ru*

**Аннотация:** В статье приведено исследование современного состояния проблемы моделирования опасных факторов пожара в помещении. Представлены результаты разработки системы поддержки принятия решений для моделирования динамики опасных факторов пожара в вентилируемых помещениях на начальной стадии пожара с последующим выводом управляющего решения по оптимальным для применения в этих помещениях типам автоматических установок пожаротушения и пожарной сигнализации, а также координатам размещения их элементов.

**Abstract:** The article presents the study of contemporary problems of modeling of fire hazards in the premises. The results of development of the system of decision support for modelling the dynamics of fire hazards in the premises at the initial stage of the fire and then outputting a control solution that is optimal for