

АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
И НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ МЕТОДОМ
ПОСТРОЕНИЯ «ДЕРЕВЬЕВ ОТКАЗОВ»

В.С. Богданов, канд. техн. наук*,

В.А. Буренин, д-р техн. наук, профессор**,

Д.В. Токарев, инженер*

* Государственное унитарное предприятие Башкирский государственный институт по проектированию предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

** Уфимский государственный нефтяной технический университет.

В статье рассмотрены особенности применения метода построения «деревьев отказов» для анализа потенциальных опасностей предприятий нефтепереработки и нефтехимии. Приведены результаты анализа опасностей проектируемой установки переработки пироконденсата, проведенного с использованием метода построения «деревьев отказов». Результаты исследования могут быть интересны разработчикам деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов, работникам проектных, экспертных и других заинтересованных организаций.

На сегодняшний день одной из важных задач сферы промышленной безопасности в целом и при обеспечении промышленной безопасности в нефтепереработке и нефтехимии в частности, является проведение анализа опасностей и оценки риска техногенных аварий. Результаты анализа опасностей и оценки риска техногенных аварий включаются в целый ряд документов, например в раздел «Промышленная безопасность» утверждаемой части рабочих проектов проектируемых производств, в соответствующий раздел деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов. Причем в последнее время, в свете возросшего внимания к обеспечению техногенной безопасности, актуальной является задача повышения качества этих документов.

К настоящему времени накоплен определенный опыт в проведении анализа опасностей, в ряде публикаций последних лет, например в [1,2], описываются возможные подходы

к такому анализу. Детализации некоторых аспектов анализа опасностей посвящена и настоящая статья.

Как известно, в соответствии с [3,4], декларация безопасности опасного производственного объекта должна содержать всесторонний анализ опасностей и риска. Методические указания [5] в качестве одного из методов анализа опасностей и оценки риска рекомендуют метод построения «деревьев отказов». Этот метод применяется уже достаточно давно, основные принципы построения «деревьев отказов» описаны, в частности в [6]. Однако существующая на сегодняшний день нормативная и методическая база не дает возможности эффективно использовать метод анализа «деревьев отказов» применительно к нефтепереработке и нефтехимии и, давая наиболее общие рекомендации, не позволяет учесть все специфические особенности этих производств. В этой связи, целью настоящей публикации является выработка основных подходов к построению «деревьев отказов» при анализе риска вышеозначенных производств, которые могли бы быть востребованы в практической деятельности.

Отметим, что так как в соответствии с требованиями Общих правил взрывобезопасности [7], производственный объект с целью снижения масс продуктов, выходящих из аппаратов при разгерметизации, делится на блоки, анализ опасностей и оценка риска на сегодняшний день проводится для каждого блока отдельно (при этом авторы вполне допускают возможность пересмотра такого подхода в будущем).

Очевидно, что блоки могут содержать разное число технологических аппаратов, спаренных насосов и трубопроводов с арматурой различного назначения. Характерным также является значительное различие в составе блоков и наличие многих однотипных аппаратов. Это обстоятельство обусловило целесообразность следующего подхода к построению «деревьев отказов»:

- 1) «дерево отказов» строится для каждого типа аппаратов;
- 2) «деревья отказов» блоков представляются как совокупность «деревьев отказов» аппаратов.

Блоки, являющиеся совокупностью определенным образом объединенных аппаратов, проявляют свой отказ как отказ аппарата и в этом плане «дерево отказов» блока с использованием «деревьев отказа» аппаратов представляет собой набор последних. При этом делаются следующие допущения:

- 1) на блоке происходит отказ только одного из аппаратов или трубопровода, подсоединенного к аппарату;
- 2) отказ аппарата возможен без разгерметизации, а доля таких отказов аппаратов может превышать 50%;
- 3) аварийное событие в результате отказа с разгерметизацией может протекать от первичного отказа или от возникновения вторичных отказов;
- 4) масштаб аварийного события и вероятность (частота) его протекания в общем случае не взаимосвязаны;
- 5) вероятность отказа на блоке с разгерметизацией оценивается как усредненная вероятность отказов аппаратов в составе блока.

При анализе отказов и построении «деревьев отказов» в качестве определяющих факторов, приводящих к отказу:

- 1) рассматриваются различные виды износа оборудования;
- 2) принимается как условие наличие повышенного (пониженного) давления и его периодические колебания;
- 3) рассматривается уровень температуры и ее влияние на износ (колебания температуры в ходе протекания процесса в общем случае не рассматриваются как факторы второго порядка малости);
- 4) учитывается проектный срок безотказной работы.

При определении значений вероятностей отказов:

- 1) для расчета вероятностей отказов принимается экспоненциальный закон распределения случайной величины [8];
- 2) вероятности исходных событий оцениваются экспертно с учетом данных расследования аварийных событий, имевших место на аналогичных функционирующих производствах [9];
- 3) для факторов одновременного воздействия частота отказов по составляющим суммируется (вследствие малых величин частот и экспоненциального распределения вероятностей безотказной работы, вероятности отказов соответствуют с достаточной степенью точности частотам отказов);
- 4) взаимное (перекрестное) влияние факторов отказов не рассматривается.

Представляется целесообразным после проведенной оценки вероятностей выделить ряд аппаратов с наиболее высокой вероятностью отказов.

«Дерева отказов» на блоках определяются набором аппаратов, входящих в состав блока. Однако, исходя из положения о том, что отказ на блоке происходит только на одном из аппаратов, возникает неопределенность в установлении вида аппарата, подверженного отказу (с разгерметизацией). Учитывая широкий спектр вариации частоты (вероятности) отказов, в качестве рабочего значения для последующих анализов аварийных событий может быть принято усредненное по блоку значение. Некоторая условность его определения может быть откорректирована, например, на максимальную частоту отказов по соотношению частот.

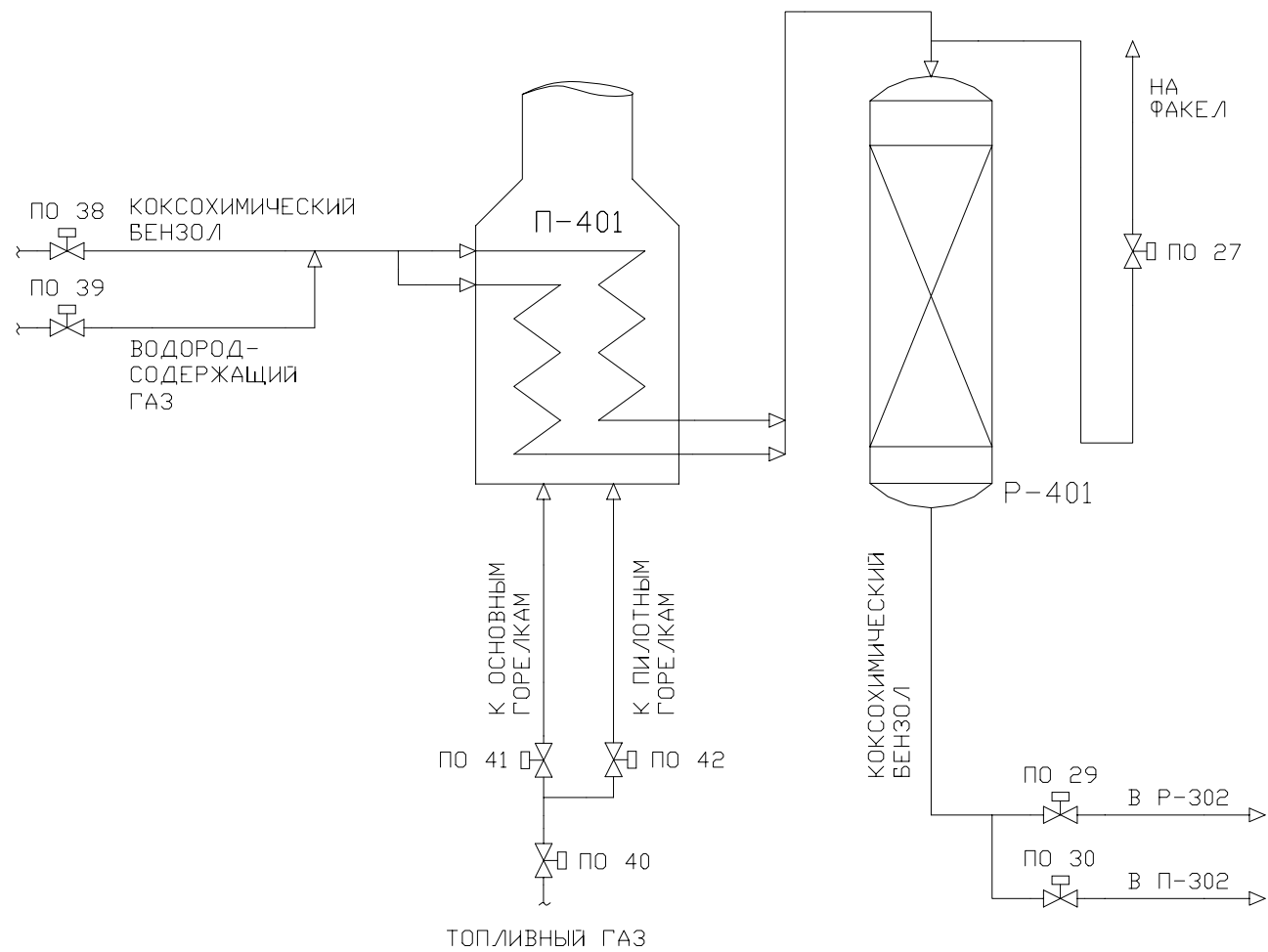
Ряд блоков может иметь близкий состав по аппаратам и подобную технологию процесса. В этом случае принимается групповое представление блоков при анализе частот отказов. «Дерево отказов» группы блоков имеет одну отличительную особенность от «дерева отказов» аппаратов, состоящую в том, что все виды аппаратов входят в состав блока как независимые составляющие, т.е. по оператору связи «или». Отказ любого аппарата определяет отказ блока и, соответственно, число аппаратов (типов аппаратов) определяет варианты отказов блоков.

Далее приведен пример построения «дерева отказов» для отдельного технологического блока. Пример является фрагментом проведенного анализа опасностей и оценки риска проектируемой установки переработки пироконденсата. Учитывая ограниченность объема статьи, выбран блок с наименьшим составом аппаратов.

На рис. 1 приведена принципиальная технологическая схема блока 15 установки переработки пироконденсата.

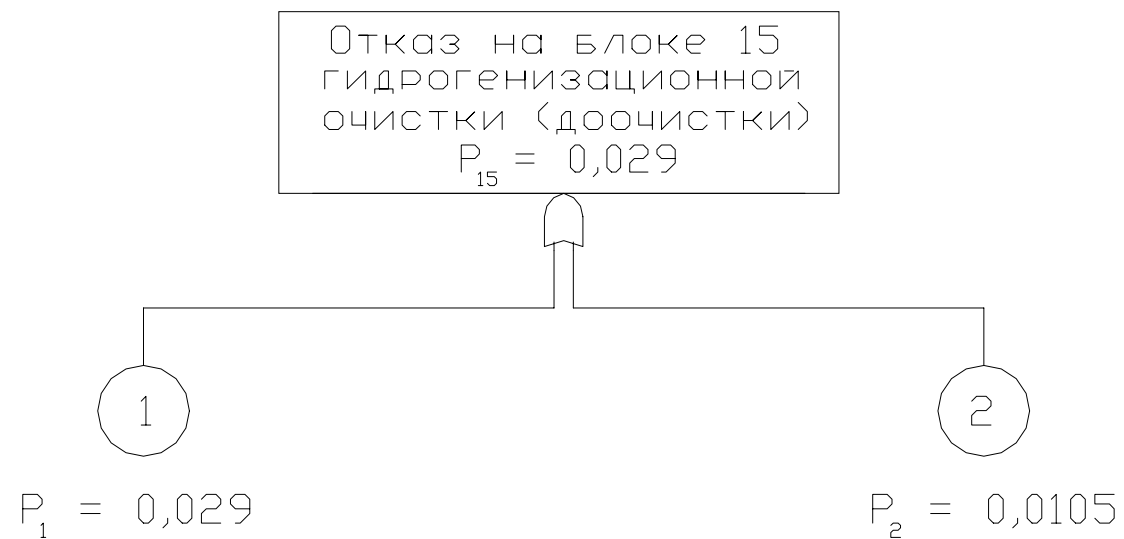
На рис. 2 приводится построенное «дерево отказов» для технологического блока 15 установки переработки пироконденсата. Перечень исходных событий «дерева отказов» приведен в таблице 1.

На рис. 3 приводится построенное «дерево отказов» для технологического аппарата «печь». Перечень исходных событий «дерева отказов» приведен в таблице 2.



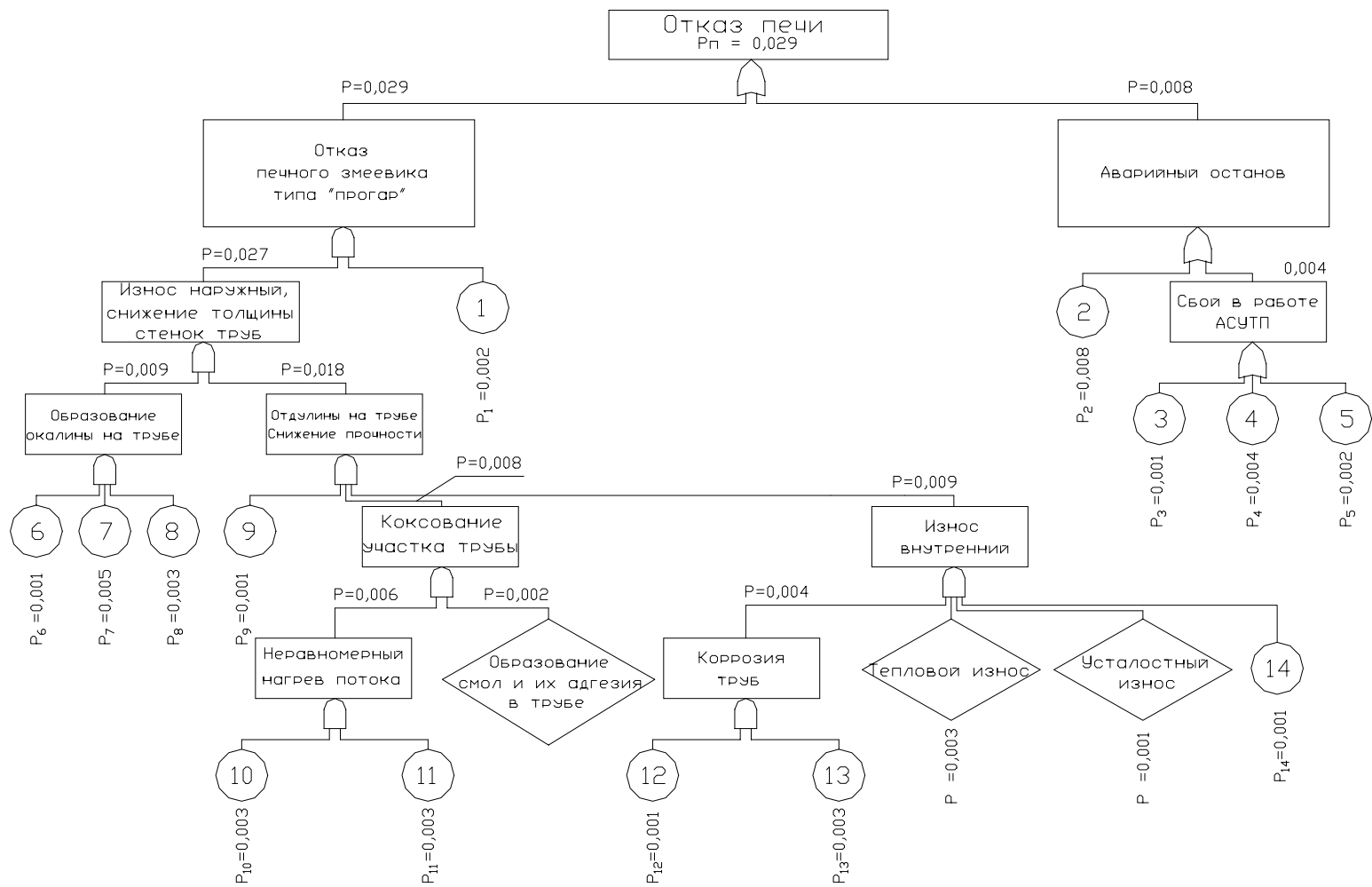
Обозначения: П-401 – печь, Р-401 – реактор гидрогенизационной очистки (доочистки), ПО 27, 29, 30, 38-42 – отсекатели.

Рис. 1. Принципиальная технологическая схема блока 15 установки переработки пироконденсата.



Примечание. Расшифровка исходных событий поз. 1,2 приведена в табл. 1.

Рис. 2. «Дерево отказов» для технологического блока 15.



Примечание. Расшифровка исходных событий поз. 1-14 приведена в табл. 2.

Рис. 3. «Дерево отказов» для технологического аппарата «печь».

На рис. 4 приводится построенное «дерево отказов» для технологического аппарата «реактор гидрогенизационной очистки (доочистки)». Перечень исходных событий «дерева отказов» приведен в таблице 3.

На рисунках символами Р обозначены вероятности реализации исходных, промежуточных и окончательных событий (отказов). На рис. 2 «дерева отказов» блока 15 вероятностями исходных событий являются вероятности отказов технологических аппаратов, входящих в состав блока.

Таблица 1

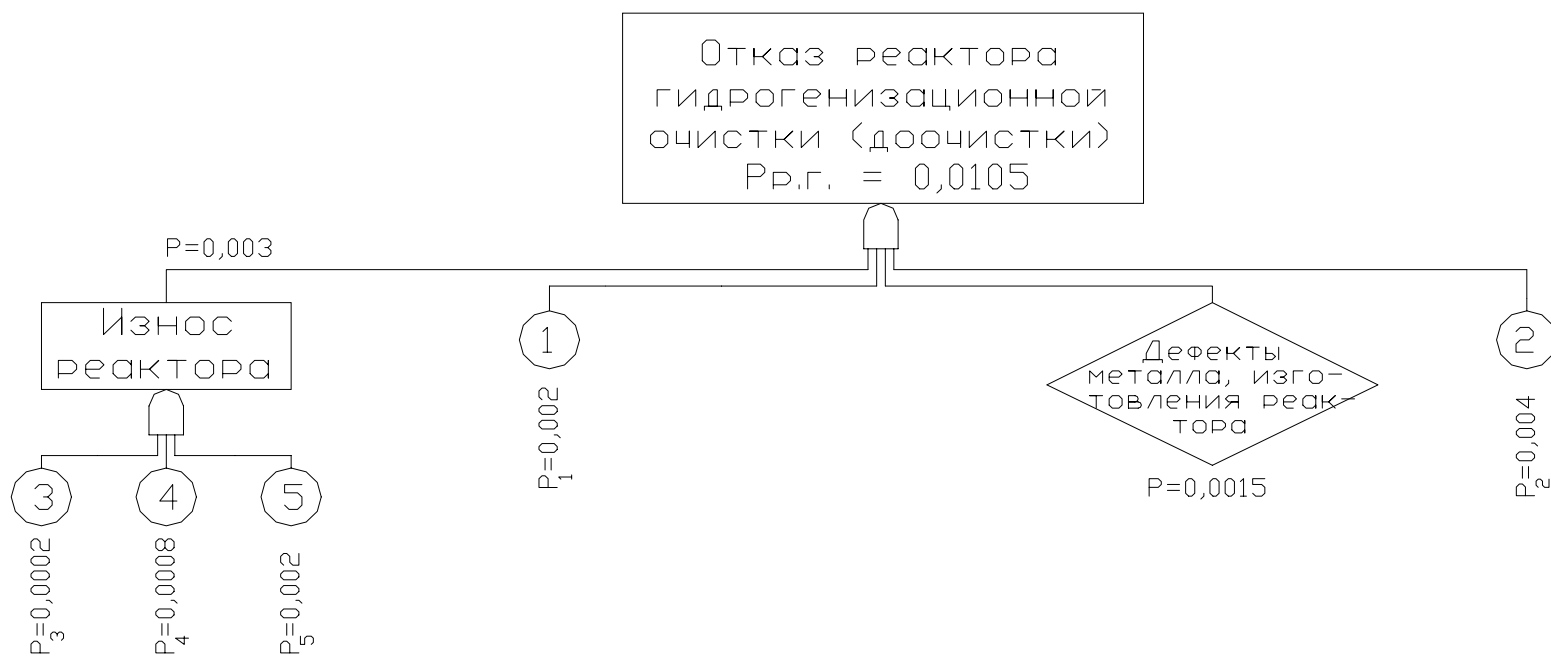
Позиция	Исходные события «дерева отказов» блока 15 гидрогенизационной очистки (доочистки)
1	Отказ печи нагрева продукта и водородсодержащего газа
2	Отказ реактора гидрогенизационной очистки (доочистки)

Таблица 2

Позиция	Исходные события «дерева отказов» технологического аппарата «печь»
1	Дефект металла трубы
2	Программный аварийный останов печи
3	Программный сбой АСУТП
4	Аппаратный сбой АСУТП
5	Ошибка персонала в регулировании режима печи
6	Окисление нагретой стенки кислородом воздуха
7	Высокая температура наружной поверхности трубы
8	Коррозия дымовыми газами
9	Коробление змеевика
10	Неравномерное распределение пламени факела в печи
11	Низкая скорость потока в одном из змеевиков
12	Химическая коррозия компонентами продукта
13	Водородная коррозия
14	Эрозия

Таблица 3

Позиция	Исходные события «дерева отказов» технологического аппарата «реактор гидрогенизационной очистки (доочистки)»
1	Отказ контура регулирования давления
2	Отказ контура регулирования температуры нагрева продукта в печи
3	Коррозионный износ
4	Усталостный износ
5	Тепловой износ



Примечание. Расшифровка исходных событий поз. 1-5 приведена в табл. 3.

Рис. 4. «Дерево отказов» для технологического аппарата «реактор гидрогенизационной очистки (доочистки)».

Отметим, что в данной работе отказ технологического аппарата рассматривается как событие, заключающееся в полной или частичной утрате его работоспособности. Выбор исходных событий, которые могут привести к отказам, делался на основе анализа как литературных данных, так и опыта эксплуатации аналогичной действующей установки.

Обозначенный в статье подход к построению «деревьев отказов» для объектов нефтепереработки и нефтехимии представляет собой детализацию существующих общих подходов к построению «деревьев отказов» и является, по существу, адаптирующим. Предусмотренная им процедура экспертной оценки вероятностей отказов позволяет вести анализ опасностей в условиях ограниченности статистической информации, с чем часто сталкиваются практические работники проектных, экспертных и других заинтересованных организаций.

Список литературы

1. Оценка риска аварий на предприятиях по хранению светлых нефтепродуктов методом построения деревьев опасности / И.А. Роздин, Е.И. Хабарова // Безопасность труда в промышленности. – 2000. - № 10. – С. 20-23.
2. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2001. - № 5. – С. 33-36.
3. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. РД 03-315-99. Положение о порядке оформления декларации промышленной безопасности и перечне сведений, содержащихся в ней. М.: Госгортехнадзор России, 1999; с изменением № 1.
5. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, Госгортехнадзор России, 2001.
6. Хенли Э.Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
7. ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Госгортехнадзор России, 1997.

8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – 13-е изд., исправленное. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

9. Муромцев Ю.Л. Безаварийность и диагностика нарушений в химических производствах, М.: Химия, 1990. – 143 с.