

УДК: 62.02

gubinata@jsc-amulet.ru

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА
«НОРМИРОВАНИЯ – ЛИНЕЙНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

**ABOUT THE POSSIBILITY OF PREDICTING THE OCCURRENCE
OF AN EMERGENCY WITH USE THE METHOD OF
"RATIONING – LINEAR TRANSFORMATION"**

*Губина Т. А., Зубровский Г. Б., Мосолов А. А.,
АО «ПВП «Амулет», Москва
Мосолов А. С., кандидат технических наук,
Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева, Москва,
Прус Ю. В., доктор физико-математических наук,
Российский государственный социальный университет, Москва*

*Gubina T. A., Zubrovskiy G. B., Mosolov A. A., JSC Amulet, Moscow
Mosolov A.S., Candidate of Technical Sciences,
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow,
Prus U. V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Russian State Social University, Moscow*

В статье рассмотрена возможность применения математических методов для определения комбинаций отказов элементов технологических блоков производственно-технологических процессов на опасных производственных объектах. В частности, применение метода «нормирования – линейная трансформация» позволяет упорядочить прогнозные оценки последствий реализации главных событий после применения метода «Анализ дерева событий». Описанный в статье подход может быть полезен в части разработки компенсационных мероприятий для системы технологической безопасности опасных производственных объектов, в частности, объектов ТЭК.

Ключевые слова: приоритетный сценарий развития аварийной ситуации, технологическая безопасность, безопасность объектов ТЭК, террористический акт, угроза технического воздействия, внутренний нарушитель.

The article considers the possibility of using mathematical methods for determine the combinations of failures of elements of technological blocks of industrial-technological processes at hazardous production facilities. In particular, the use of the method "rationing – linear transformation" allows to regularize the predictive estimates of consequences of implementation of the main events after the application of the method "Analysis of the event tree". The approach described in article can be useful regarding development of compensatory measures for the system of technological safety of hazardous production facilities, in particular, of objects of fuel and energy facilities.

Keywords: priority scenario of an emergency, technological safety, safety of fuel and energy facilities, act of terrorism, threat of technical impact, internal intruder.

Достоверные прогнозные вероятностные оценки возникновения чрезвычайных ситуаций на опасных производственных объектах чрезвычайно

важны при организации мониторинга технологических процессов, что нашло отражение в ряде постановлений Правительства РФ, приказах Ростехнадзора,

документах Министерства по чрезвычайным ситуациям России. В сфере топливно-энергетических комплексов (ТЭК) эта задача закреплена Федеральным законом № 256-ФЗ от 21.07.2011 [1] и Постановлениями Правительства Российской Федерации № 458, 459, 460, 993 [2-5].

Очевидно, определяющими факторами, позволяющими классифицировать опасные производственные объекты по степени их потенциальной опасности, в т.ч. от акта незаконного вмешательства, являются масштабы социально-экономических последствий [1].

Поэтому целесообразно рассмотреть решение задачи получения прогнозных вероятностных оценок возникновения чрезвычайных ситуаций через призму объектов ТЭК, которые, наряду с объектами химической и нефтехимической отраслей, составляют основу национальной экономики Российской Федерации.

Управление современными производственно-технологическими процессами – последовательность большого количества операций, требующих от персонала высокой квалификации, умения принимать решения в сложных, зачастую нестандартных ситуациях. Опасность реализации террористических угроз, в том числе «тонкого технологического терроризма», на опасных производственных объектах может быть обнаружена и пресечена комплексом защитных мер. Особое внимание следует уделять возможности реализации «Угрозы технического воздействия» [6].

Логично допустить, что «Угрозу технического воздействия», в том числе дистанционно, реализует внутренний нарушитель, обладающий высокой квалификацией, владеющий современными методиками прогнозирования Ростехнадзора и МЧС в части определения наиболее вероятного сценария развития аварийной ситуации.

Проблема определения возможного сценария развития аварийной ситуации требует своего решения, поскольку межведомственной комиссии

необходимо представлять в этой части обоснованные математические расчеты на защите категории потенциальной опасности объекта ТЭК в результате реализации акта незаконного вмешательства.

В настоящей статье представлен алгоритм метода, целью которого являются:

- обоснование выбора внутренним нарушителем сценария развития аварийной ситуации на объекте защиты в результате реализации базовой угрозы «Угроза технического воздействия»;
- усовершенствование системы комплексной безопасности объекта посредством разработки компенсационных мероприятий для защиты от совершения террористических актов.

Данный Метод позволит установить последовательность действий для определения приоритетного сценария развития аварийной ситуации при совершении угрозы технического воздействия в рамках акта незаконного вмешательства в отношении объекта защиты.

Приоритетным назовем сценарий, при котором значения показателей негативных последствий стремятся к наивысшим при максимальной вероятности его реализации.

Критериями выбора приоритетного сценария в случае исследования проблемы на объектах ТЭК устанавливаем следующие:

Критерий 1 – вероятность отказа системы.

Критерий 2 – зоны чрезвычайной ситуации, м.

Критерий 3 – экономический ущерб, руб.

Критерий 4 – количество пострадавших, чел.

При этом определяем, что значения показателей указанных критериев могут быть выражены в числовых значениях (количество критериев, существенных для приоритетного сценария развития аварийной ситуации, может быть увеличено).

Алгоритм определения приоритетного сценария развития аварийной

ситуации представлен на рис. 1.

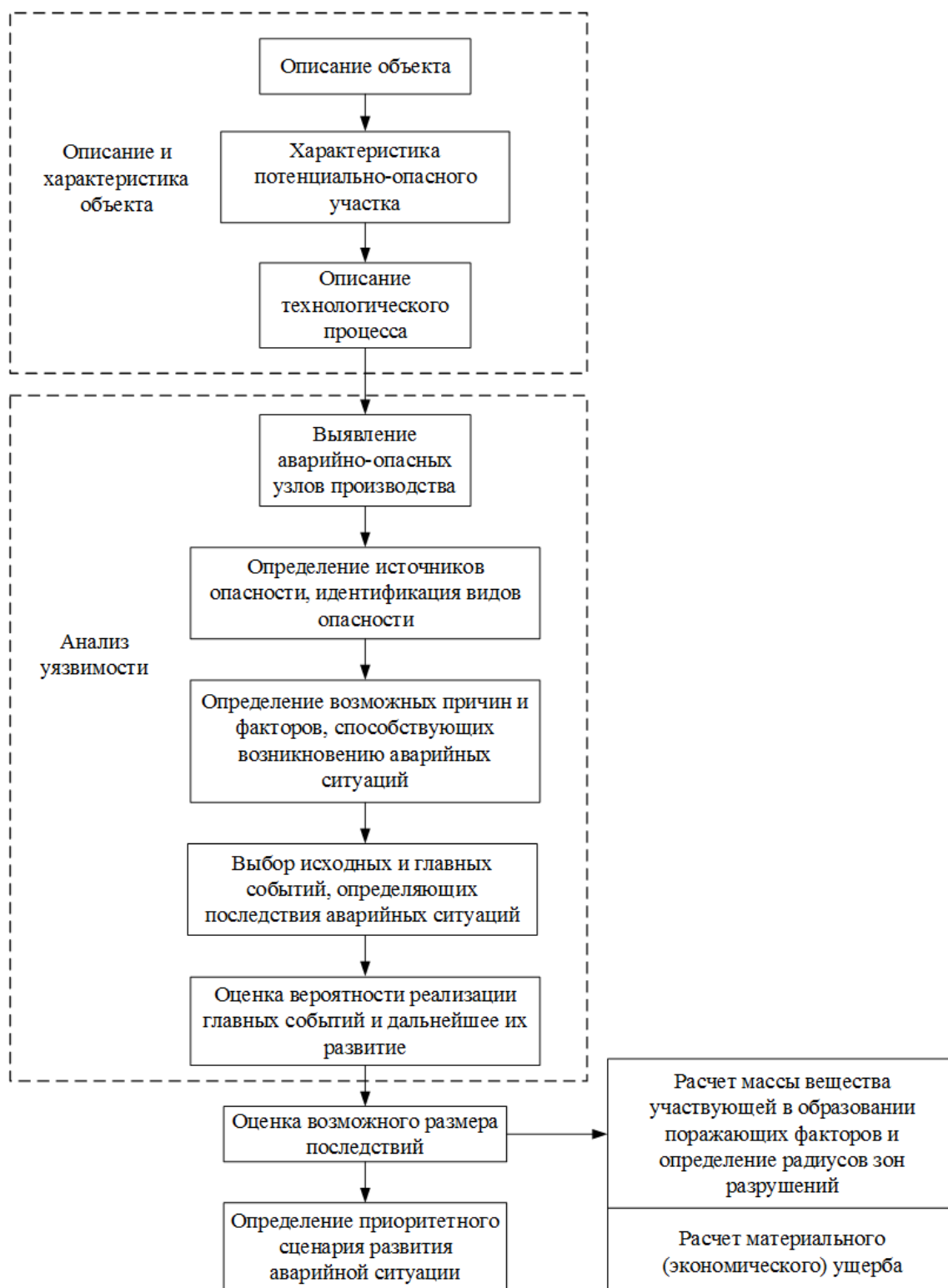


Рисунок 1. Алгоритм метода определения приоритетного сценария развития аварийной ситуации

Работа метода поясняется на примере оценки безопасности реакторной печи изомеризации комбинированной установки изомеризации с блоком предварительной гидроочистки сырья,

содержащей четыре элемента: регулирующие клапана (РТ 2105, РТ 2092), реакторную печь изомеризации (П-202) и клапан-отсекатель UV 1051.

Для начала необходимо провести сбор и обработку исходной информации:

- наименование объекта – реакторная печь изомеризации комбинированной установки изомеризации с блоком предварительной гидроочистки сырья;

- проектная мощность установки – 300 000 т/год (по сырью);

- метод производства – низкотемпературная каталитическая изомеризация пентанов, гексанов и их смесей;

- описание технологического процесса – в реакторном блоке изомеризации в среде водородсодержащего газа на платиносодержащем оксидном катализаторе СИ-2 протекают целевые реакции изомеризации парафиновых и нафтеновых углеводородов, гидрирование ароматических и нафтеновых углеводородов. П-202 – реакторная печь изомеризации, предназначена для нагрева газосырьевой смеси (пентан-гексановая фракция) перед реактором Р-201/1;

- схема технологической установки;

- данные по количеству персонала и режиму их работы – средняя численность 9 человек, максимальная численность 11 человек, обход установки производится один раз в два часа;

- данные по показателям безотказной работы элементов технологической схемы установки и т. д.

На рис. 2 (а) показана схема последовательного соединения элементов технологической схемы, вероятность безотказной работы (Р) которых, в соответствии с [7], равны: 0,9655; 0,9655; 0,9818 и 0,9655 соответственно. Вероятность отказа (Q) вычисляется по формуле 1:

$$Q = 1 - P. \tag{1}$$

Также на рис. 2 (б) представлено дерево событий для этой системы. Нижняя ветвь системы соответствует желаемому режиму работы системы, верхние ветви – нежелательному.

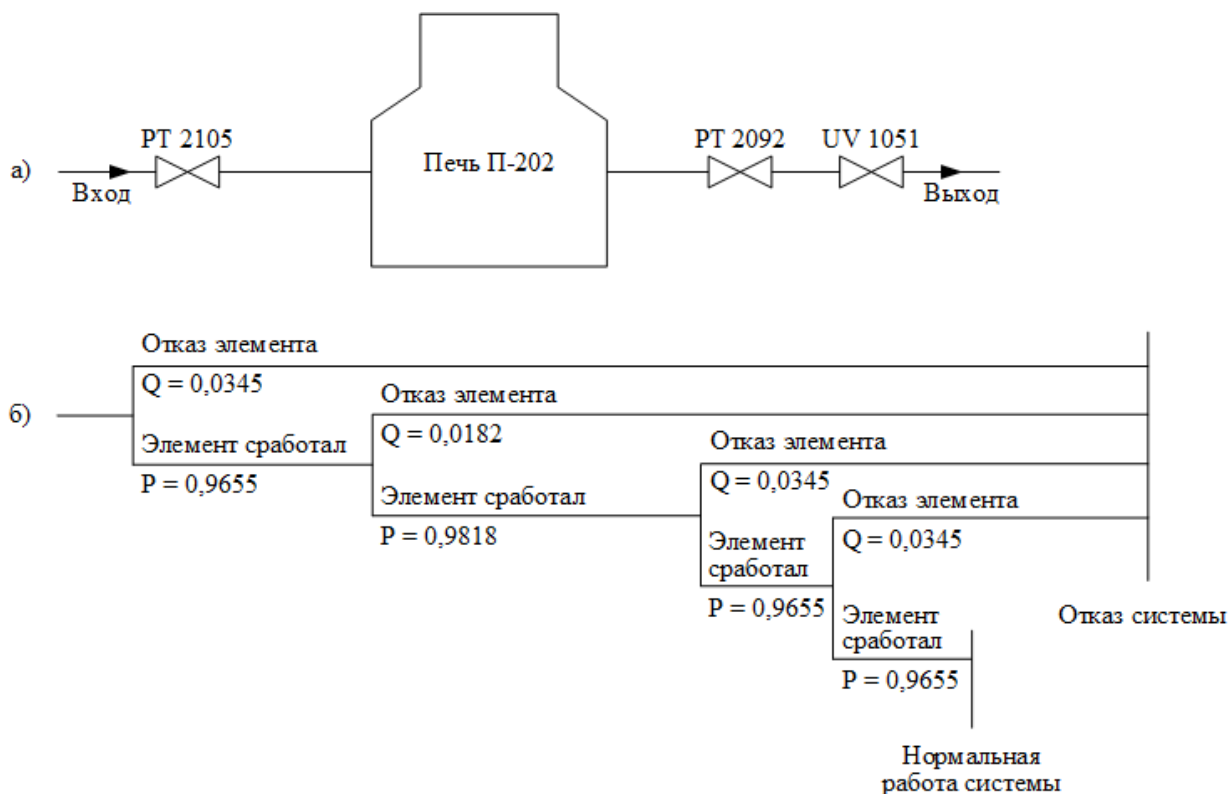


Рисунок 2. а) схема последовательного соединения элементов печи; б) дерево событий данной системы

Вероятность безотказной работы системы равна:

$$P_{\text{системы}} = 0,9655 \cdot 0,9818 \cdot 0,9655 \cdot 0,9655 = 0,8836.$$

А вероятность отказа системы:

$$Q_{\text{системы}} = 1 - 0,8836 = 0,1164.$$

Результаты расчета вероятности работоспособного состояния и вероят-

ности отказа системы для различных комбинаций элементов, можно представить в виде таблицы решений (табл. 1).

Таблица 1

Таблица решений элементов системы

№ комбинации	Состояние				Вероятность отказа системы
	РТ 2105	П-202	РТ 2092	UV 1051	
1	Работает	Работает	Работает	Работает	
2	Работает	Работает	Работает	Отказ	$0,9655 \cdot 0,9818 \cdot 0,9655 \cdot 0,0345 = 0,0316$
3	Работает	Отказ	Работает	Работает	$0,9655 \cdot 0,0182 \cdot 0,9655 \cdot 0,9655 = 0,0164$
4	Работает	Работает	Отказ	Работает	$0,9655 \cdot 0,9818 \cdot 0,0345 \cdot 0,9655 = 0,0316$
5	Отказ	Работает	Работает	Работает	$0,0345 \cdot 0,9818 \cdot 0,9655 \cdot 0,9655 = 0,0316$
6	Отказ	Работает	Отказ	Работает	$0,0345 \cdot 0,9818 \cdot 0,0345 \cdot 0,9655 = 0,0011$
7	Отказ	Отказ	Работает	Работает	$0,0345 \cdot 0,0345 \cdot 0,9655 \cdot 0,9655 = 0,0011$
8	Отказ	Работает	Работает	Отказ	$0,0345 \cdot 0,9818 \cdot 0,9655 \cdot 0,0345 = 0,0011$
9	Работает	Отказ	Отказ	Работает	$0,9655 \cdot 0,0182 \cdot 0,0345 \cdot 0,9655 = 0,0006$
10	Работает	Работает	Отказ	Отказ	$0,9655 \cdot 0,9818 \cdot 0,0345 \cdot 0,0345 = 0,0011$
11	Работает	Отказ	Работает	Отказ	$0,9655 \cdot 0,0182 \cdot 0,9655 \cdot 0,0345 = 0,0006$
12	Работает	Отказ	Отказ	Отказ	$0,9655 \cdot 0,0182 \cdot 0,0345 \cdot 0,0345 = 2,0915 \cdot 10^{-5}$
13	Отказ	Отказ	Работает	Отказ	$0,0345 \cdot 0,0182 \cdot 0,9655 \cdot 0,0345 = 2,0915 \cdot 10^{-5}$
14	Отказ	Работает	Отказ	Отказ	$0,0345 \cdot 0,9818 \cdot 0,0345 \cdot 0,0345 = 4,0316 \cdot 10^{-5}$
15	Отказ	Отказ	Отказ	Работает	$0,0345 \cdot 0,0182 \cdot 0,0345 \cdot 0,9655 = 2,0915 \cdot 10^{-5}$
16	Отказ	Отказ	Отказ	Отказ	$0,0345 \cdot 0,0182 \cdot 0,0345 \cdot 0,0345 = 7,4736 \cdot 10^{-7}$
Суммарная величина					0,1164

Из таблицы решений следует, что наиболее вероятными отказами системы являются комбинации № 2, 4 и 5 с вероятностью отказа 0,0316, при отказе одного из элементов системы. Наименее вероятным отказом является комбинация № 16 с вероятностью $7,4736 \cdot 10^{-7}$, при отказе всех элементов системы.

Достижению главного события (нарушение функционирования блока) предшествует исходное событие или комбинация исходных событий.

Исходное событие – единичный отказ в системах (элементах) объекта, внешнее событие или ошибка персонала, которые приводят к нарушению нормальной эксплуатации и могут привести

к нарушению пределов и (или) условий безопасной эксплуатации. Исходное событие включает все зависимые отказы, являющиеся его следствием [8].

Исходными событиями, приводящими к наступлению главного, являются отказы наиболее уязвимых элементов технологической схемы (критерий 1), для выявления которых необходимо:

- рассмотреть интересующий участок схемы технологического процесса (с указанием всех потоков, основных и резервных элементов системы);

- рассчитать вероятности безотказной работы каждого из элементов системы или взять из справочных данных;

- рассчитать вероятность отказа всей системы при различных вариантах комбинаций отказов элементов этой системы.

Комбинации с наибольшей вероятностью отказа будут являться наиболее уязвимыми местами.

На основании оценки уязвимости технологического процесса можно выделить следующие главные события:

- разрыв на полное сечение/ разгерметизация подводящего трубопровода реакторной печи изомеризации;
- прогар труб змеевика;

- разрыв на полное сечение/ разгерметизация отводящего трубопровода реакторной печи изомеризации.

Для разных комбинаций отказов системы возможно рассматривать одно и тоже главное событие. Например, для комбинаций №2, 4 и 10 (Таблица 1) главным событием является разрыв / разгерметизация отводящего трубопровода реакторной печи изомеризации, т. к. данные отказы элементов соответствуют участку трубопровода после печи изомеризации. Аналогичным образом определяем главные события для всех комбинаций таблицы решений элементов системы, результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Соответствие комбинаций отказов элементов главным событиям

Главное событие	№ комбинации
Разрыв на полное сечение/ разгерметизация подводящего трубопровода реакторной печи изомеризации	5, 6, 8, 15, 16
Прогар труб змеевика	3, 7, 9, 11, 12, 13
Разрыв на полное сечение/ разгерметизация отводящего трубопровода реакторной печи изомеризации	2, 4, 10, 14

Таким образом, расчет последствий сводится к анализу и оценке последствий трех главных событий, для которых необходима информация по ведению технологического процесса, а именно данные об опасных веществах, обращающихся в оборудовании, и определение основных видов и источников опасности реакторного блока изомеризации: газосырьевая смесь относится к горючим жидкостям, при сгорании которой, в основном выделяется двуокись углерода, окись углерода, окислы азота, окислы серы, органические кислоты и вода. Поэтому авария на данном участке может привести к серьезным последствиям.

Определение возможных причин наступления событий, предшествующих отказам элементов технологической схемы, проводится на основе результатов анализа уязвимости технологического процесса и информации по источникам и видам опасности.

Например, для комбинации № 5 возможны следующие исходные события: температурные деформации или динамические воздействия, которые возможно реализовать посредством влияния на параметры технологического процесса путем превышения значений этих параметров выше регламентированных, различными возможными способами.

Виды возможных аварий на реакторной печи изомеризации и характер их воздействия на окружающую среду определяются номенклатурой обращающихся опасных веществ, их физико-химическими свойствами, особенностями технологического процесса, характеристиками применяемого технологического оборудования, системы технологической безопасности и особенностями их компоновки.

Согласно годовым отчетам Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (ФСЭТАН), на реакторной печи изомери-

зации могут реализоваться аварии, сопровождающиеся пожарами или взрывами. Основным поражающим фактором в случае аварий являются термическое поражение или ударная волна.

Для главного события «прогар труб змеевика» возможен следующий сценарий развития аварийной ситуации: прогар труб змеевика → пожар в печи для нагрева газосырьевой смеси изомеризации П-202 → воздействие теплового излучения → разрушение оборудования, коммуникаций, травмирование и гибель персонала.

Для главных событий «разрыв на полное сечение/ разгерметизация подводящего/отводящего трубопровода реакторной печи изомеризации» возможны следующие сценарии развития аварийной ситуации:

1) разгерметизация трубопровода → образование взрывоопасной смеси на открытой площадке → наличие источника зажигания → взрыв газозвдушной

смеси (ГВС) на открытой площадке → воздействие избыточного давления ударной волны → разрушение зданий, сооружений, оборудования, коммуникаций, травмирование и гибель персонала;

2) разгерметизация трубопровода → образование пролива → наличие источника зажигания → пожар разлития на открытой площадке → воздействие теплового излучения → разрушение оборудования, коммуникаций, травмирование и гибель персонала.

Вероятность реализации сценария развития аварий оценивалась с помощью графо-аналитического метода «анализ дерева событий». Данные по частотам реализации инициирующих событий принимались в соответствии с Приложением 2 [9], а также на основании статистических данных из расчетно-пояснительных записок планов ликвидации аварийных ситуаций на аналогичных производственных объектах (Таблица 3).

Таблица 3
Интенсивность аварийных отказов технологического оборудования

Обозначение	Тип отказа оборудования	Частота (вероятность) отказа
Q ₁	Прогар труб змеевика печи П-202	1×10 ⁻⁴ год ⁻¹
Q ₂	Разгерметизация трубопровода ¹	5×10 ⁻⁶ год ⁻¹

Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путем умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события [10].

На рис. 3-4 представлены деревья событий для случаев прогара труб змеевика и разгерметизации трубопровода реакторной печи изомеризации комбинированной установки изомеризации.

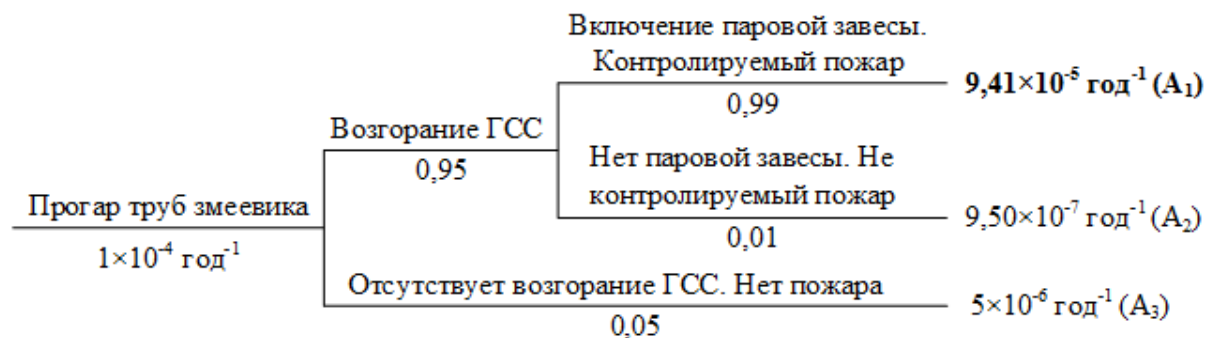


Рисунок 3. Дерево событий при прогаре труб змеевика

¹ Вероятность увеличивается на порядок, чем в данных [7], в виду того, что в трубопроводе агрессивная среда.

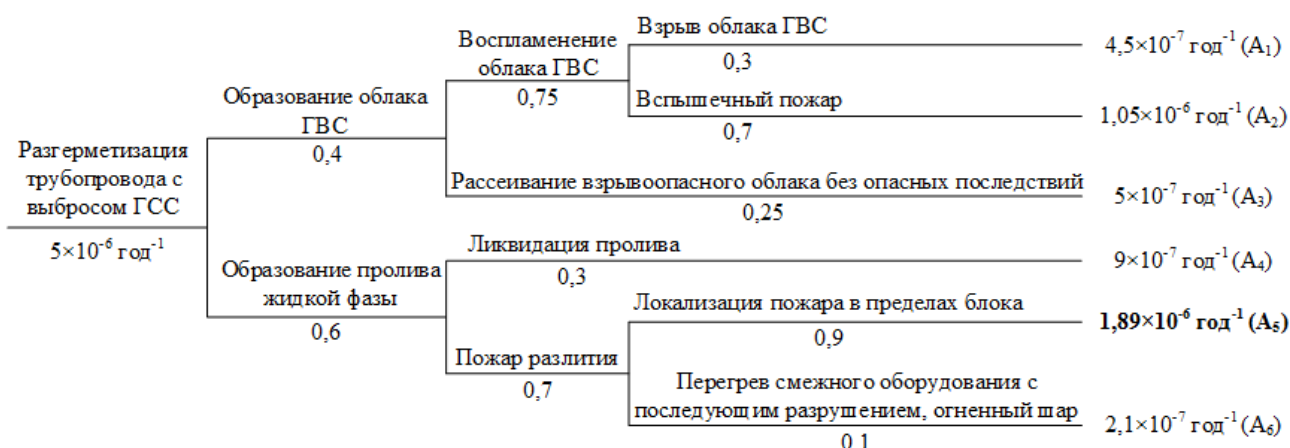


Рисунок 4. Дерево событий при разгерметизации трубопровода

Из представленных сценариев следует, что наиболее вероятным сценарием при прогаре труб змеевика является контролируемый пожар, с вероятностью $9,41 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹. А при разгерметизации трубопровода – пожар пролития с дальнейшей локализацией пожара в пределах блока, с вероятностью $1,89 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Расчет параметров пожара пролива, зоны чрезвычайной ситуации и оценка количества пострадавших проводились в

соответствии с Приложением В [11], с использованием программного продукта Токси^{+RISK} версии 4.3.5 (Критерий 2, 4). А оценка последствий, в части материального ущерба для полученных зон чрезвычайной ситуации, в соответствии с РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» [12] (Критерий 3). Результаты расчета представлены в таблице 4.

Таблица 4
Результаты расчета последствий пожара пролива

Наименование участка	Зона ЧС (воспламенение резины, 14,8 кВт/м ²), м	Материальный (экономический) ущерб, тыс. руб.	Количество пострадавших, чел
Подводящий участок трубопровода печи изомеризации	28,45	21 498, 9	-
Реакторная печь изомеризации	16,13	6 380, 8	-
Отводящий участок трубопровода печи изомеризации	26,99	9 337, 6	-

По совокупности полученных результатов определяется приоритетный сценарий с помощью математических методов и алгоритмов.

Метод нормирования критериев [13] предусматривает приведение полученных значений критериев по всем

комбинациям отказов к единому безразмерному виду, т. е. осуществляется их «нормирование». В качестве метода нормирования применим способ приведения критериев к безразмерному виду – линейная трансформация.

При определении приоритетного сценария развития аварийной ситуации предпочтительны максимальные значения критериев, т. к. нарушитель стремится совершить террористический акт с наихудшими последствиями при максимальной их реализации. Формула перехода от ненормированного значения показателя x_i к нормируемому x_i^n , имеет вид:

$$x_i^n = \frac{x_i - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}}, \quad (2)$$

где f_i^{min}, f_i^{max} – соответственно минимальное (наихудшее) и максимальное (наилучшее) значение показателя на множестве допустимых альтернатив.

Для всех рассматриваемых комбинаций элементов системы по выбранным критериям определения приоритетного сценария получены числовые значения которые занесены в таблицу 5.

Таблица 5

Расчетные числовые значения критериев приоритетного сценария

Комбинация	Критерии			
	Вероятность отказа системы	Зона ЧС, м	Экономический ущерб, руб.	Количество пострадавших, чел.
K ₂	0,0316	26,99	9337,6	-
K ₃	0,0164	16,13	6380,8	-
K ₄	0,0316	26,99	9337,6	-
K ₅	0,0316	28,45	21498,9	-
K ₆	0,0011	28,45	21498,9	-
K ₇	0,0011	16,13	6380,8	-
K ₈	0,0011	28,45	21498,9	-
K ₉	0,0006	16,13	6380,8	-
K ₁₀	0,0011	26,99	9337,6	-
K ₁₁	0,0006	16,13	6380,8	-
K ₁₂	$2,0915 \cdot 10^{-5}$	16,13	6380,8	-
K ₁₃	$2,0915 \cdot 10^{-5}$	16,13	6380,8	-
K ₁₄	$4,0316 \cdot 10^{-5}$	26,99	9337,6	-
K ₁₅	$2,0915 \cdot 10^{-5}$	28,45	21498,9	-
K ₁₆	$7,4736 \cdot 10^{-7}$	28,45	21498,9	-

Далее для каждого критерия выбираем максимальное и минимальное значения и, в соответствии с формулой 2, определяем нормируемые значения критериев определения приоритетного сце-

нария развития аварийной ситуации (таблица 6). Приоритет присваивается такой комбинации, где сумма нормированных значений имеет наивысший (максимальный) показатель.

Таблица 6

Нормированные значения критериев определения приоритетного сценария

Комбинация	Нормированные значения вероятности	Нормированные значения зоны ЧС	Нормированные значения экономического ущерба	Σ нормированных значений
K ₂	1	0,881493506	0,195580132	2,077
K ₃	0,518766601	0	0	0,519
K ₄	1	0,881493506	0,195580132	2,077

K ₅	1	1	1	3
K ₆	0,035709957	1	1	2,036
K ₇	0,035116702	0	0	0,035
K ₈	0,035709957	1	1	2,036
K ₉	0,018514149	0	0	0,019
K ₁₀	0,035709957	0,881493506	0,195580132	1,113
K ₁₁	0,018514149	0	0	0,019
K ₁₂	0,000638738	0	0	0,0006
K ₁₃	0,000638738	0	0	0,0006
K ₁₄	0,001253192	0,881493506	0,195580132	1,078
K ₁₅	0,000638738	1	1	2,0006
K ₁₆	0	1	1	2

По полученным суммарным показателям нормированных значений критериев определения приоритетного сценария, очевидно, что наиболее приоритетным вариантом для нарушителя является комбинация K₅ с суммарным нормированным значением равным 3.

Комбинация K₅ – это отказ регулирующего клапана РТ 2105, т. е. развитие аварии на подводящем участке трубопровода реакторной печи изомеризации. В результате проведенного анализа причин наступления аварийных ситуаций, возможен следующий сценарий развития аварии (рис. 5).

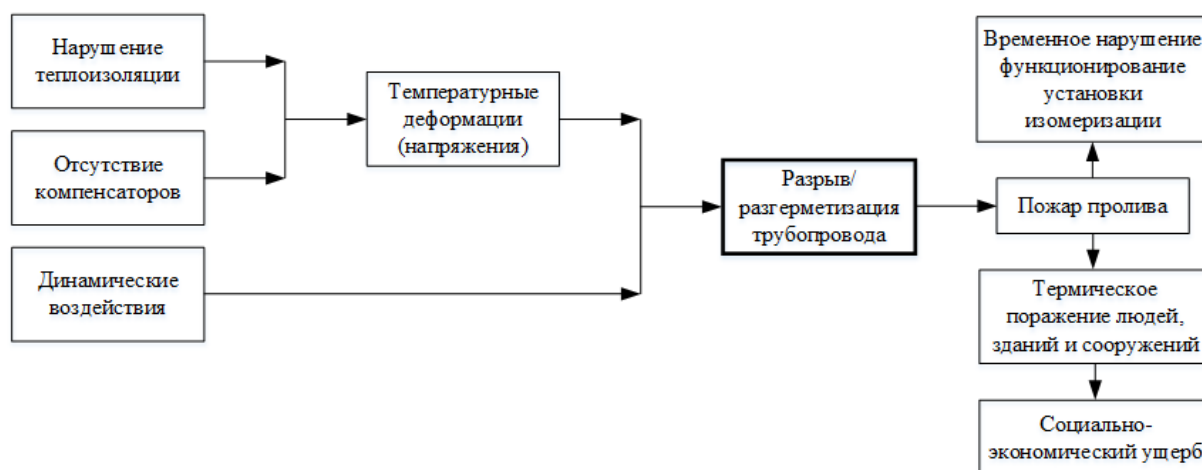


Рисунок 5. Сценарий развития приоритетной аварийной ситуации

В настоящей статье представлен алгоритм выбора приоритетного сценария развития аварийной ситуации и способ воздействия на технологические

процессы. Предложен вариант решения важнейшей задачи в рамках выполнения требований ФЗ-256 от 21.07.2011 г.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.2011 г. № 256-ФЗ «О безопасности объектов топливно-энергетического комплекса» (ред. от 06.07.2016).
2. Постановление Правительства РФ от 05.05.2012 № 458-дсп «Об утверждении Правил по обеспечению безопасности и антитеррористической защищенности объектов топливно-энергетического комплекса».
3. Постановление Правительства РФ от 05.05.2012 № 459 «Об утверждении Положения об исходных данных для проведения категорирования объекта топливно-энергетического комплекса, порядке его проведения и критериях категорирования».

4. Постановление Правительства РФ от 05.05.2012 № 460 «Об утверждении Правил актуализации паспорта безопасности объекта топливно-энергетического комплекса».
5. Постановление Правительства РФ от 19.09.2015 № 993-дсп «Об утверждении требований к обеспечению безопасности линейных объектов топливно-энергетического комплекса».
6. Методические рекомендации по анализу уязвимости производственно-технологического процесса и выявлению критических элементов объекта, оценке социально-экономических последствий совершения на объекте террористического акта и антитеррористической защищенности объекта при проведении категорирования и составления паспорта безопасности объекта топливно-энергетического комплекса, Министерство энергетики РФ, 2012 год.
7. СТ ЦКБА 008-2014. Арматура трубопроводная. Расчет надежности и безопасности на этапе проектирования (ред. от 01.01.2018).
8. Исходное событие. Термины МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/87827/>.
9. Шебеко Ю. Н. и др. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. М., 2012. 242 с.
10. Приказ Ростехнадзора от 11.04.2016 № 144 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
11. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
12. РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах (ред. от 01.01.2004).
13. Бешелев С. Д., Гурвич Р. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М., 1980. 263 с.

References

1. Federalnyy zakon ot 21.07.2011 g. № 256-FZ "O bezopasnosti obyektov toplivno-energeticheskogo kompleksa" (red. ot 06.07.2016 g.).
2. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 05.05.2012 g. N 458-dsp «Ob utverzhenii Pravil po obespecheniyu bezopasnosti i antiterroristicheskoy zashchishchennosti obyektov toplivno-energeticheskogo kompleksa».
3. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 05.05.2012 g. N 459 «Ob utverzhenii Polozheniya ob iskhodnykh dannykh dlya provedeniya kategorirovaniya obyekta toplivno-energeticheskogo kompleksa. poryadke ego provedeniya i kriteriyakh kategorirovaniya».
4. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 05.05.2012 g. N 460 «Ob utverzhenii Pravil aktualizatsii pasporta bezopasnosti obyekta toplivno-energeticheskogo kompleksa».
5. Postanovleniye Pravitelstva RF ot 19.09.2015 g. N 993-dsp «Ob utverzhenii trebovaniy k obespecheniyu bezopasnosti lineynykh obyektov toplivno-energeticheskogo kompleksa».
6. Metodicheskiye rekomendatsii po analizu uyazvimosti proizvodstvenno-tekhnologicheskogo protsesssa i vyyavleniyu kriticheskikh elementov obyekta. otsenke sotsialno-ekonomicheskikh posledstviy soversheniya na obyekte terroristicheskogo akta i antiterroristicheskoy zashchishchennosti obyekta pri provedenii kategorirovaniya i sostavleniya pasporta bezopasnosti obyekta toplivno-energeticheskogo kompleksa. Ministerstvo energetiki RF. 2012 god.
7. ST TsKBA 008-2014. Armatura truboprovodnaya. Raschet nadezhnosti i bezopasnosti na etape proyektirovaniya (red. ot 01.01.2018 g.).
8. Iskhodnoye sobytiye. Terminy MChS Rossii. [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.mchs.gov.ru/dop/terms/item/87827/> (data obrashcheniya 11 noyabrya 2018 goda).
9. Shebeko Yu.N., Shebeko A.Yu. i dr. Posobiye po opredeleniyu raschetnykh velichin pozharnogo riska dlya proizvodstvennykh obyektov. - M.: VNIPO. 2012. - 242 s.
10. Prikaz Rostekhnadzora ot 11.04.2016 N 144 "Ob utverzhenii Rukovodstva po bezopasnosti «Metodicheskiye osnovy po provedeniyu analiza opasnostey i otsenki riska aviariy na opasnykh proizvodstvennykh obyektakh».
11. GOST R 12.3.047-2012 SSBT. Pozharnaya bezopasnost tekhnologicheskikh protsessov. Obschkiye trebovaniya. Metody kontrolya.
12. RD 03-496-02. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke ushcherba ot aviariy na opasnykh proizvodstvennykh obyektakh (red. ot 01.01.2004 g.).
13. Beshelev S.D. Gurvich R.G. Matematiko-statisticheskiye metody ekspertnykh otsenok. M.: Statistika. 1980. 263 s.