

*Растягаев В.И.,
кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры безопасности жизнедеятельности
Брянский государственный университет
имени ак. И.Г. Петровского
Россия, г. Брянск*

*Кучеров М.А.,
магистрант
2 курс, факультет технологии и дизайна
Брянский государственный университет
имени ак. И.Г. Петровского
Россия, г. Брянск*

ОЦЕНКА РИСКА АВАРИЙ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Аннотация: Аварии в трубопроводах высокого давления, по которым протекает метан, имеющие место на объектах промышленности, при транспорте этих продуктов наносят ощутимый вред экосистемам, приводят к негативным экономическим и социальным последствиям. Увеличение количества газа по системе трубопроводов приводит к чрезвычайным ситуациям, которые приводят к тяжелым экологическим последствиям имеющих катастрофический характер.

На этом основании проведен анализ причин возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на опасном производственном объекте, их развитие, а также оценка риска и прогнозирование последствий ЧС.

Ключевые слова: метан, чрезвычайная ситуации, окружающая среда, транспортировка газа, пожар, приемлемый риск, материальные потери.

Abstract: *Accidents in high-pressure pipelines through which methane flows, occurring at industrial facilities, during the transport of these products cause significant damage to ecosystems, lead to negative economic and social consequences. An increase in the amount of gas through the pipeline system leads to emergencies that lead to severe environmental consequences of a catastrophic nature.*

On this basis, the analysis of the causes of emergency situations (emergencies) at a hazardous production facility, their development, as well as risk assessment and prediction of the consequences of emergencies.

Keywords: *methane, emergency, environment, gas transportation, fire, acceptable risk, material losses.*

Аварии, вызванные чрезвычайными ситуациями на предприятиях, сопровождаются загрязнением окружающей среды, пожарами, гибелью людей, а также значительным материальным ущербом, поэтому необходимо проведение причинно-следственного анализа таких чрезвычайных ситуаций [1].

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

Оценка риска (анализ риска), т.е. получение количественных оценок потенциальной опасности промышленных объектов или различных явлений, включает решение следующих задач:

- построение всего множества сценариев возникновения и развития аварии;
- оценку частот реализации каждого из сценариев возникновения и развития аварии;

- построение полей поражающих факторов, возникающих при различных сценариях развития аварии;

- оценку последствий воздействия поражающих факторов аварии на человека (или другие материальные объекты).

Любой сценарий, описывающий аварию, начинается с инициирующего события (разгерметизации технологического аппарата, ёмкости, участка трубопровода, содержащего, взрывопожароопасное вещество и утечки различной интенсивности), которое может возникнуть с некоторой частотой [2].

При оценке частот инициирующих событий рассматриваемого объекта:

- учитывались частные коэффициенты опасности;
- проводилась статистическая оценка неполадок и аварийных случаев по видам оборудования для аналогичных объектов;

- рассматривались материалы деклараций безопасности промышленных объектов с аналогичной технологией;

- использовался метод экспертных оценок.

Частоты инициирующих событий определялись на основе данных статистики и условий функционирования данных производств:

- дефекты труб (13,9 %);
- дефекты оборудования (1,4 %);
- брак строительно-монтажных работ (23,2 %);
- нарушение правил технической эксплуатации (3,9 %);
- внутренняя эрозия и коррозия (2,4 %);
- подземная коррозия (37,1 %);
- механические повреждения (6,9 %);
- стихийные бедствия (2,2 %);
- прочие (9 %).

Основные события, приводящие к аварии и образованию полей поражающих факторов, а также их вероятностный диапазон частот возникновения, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Частоты инициирующих событий

№	Вид инициирующего события	Частота события, 1/год
1.	Отказ регулятора давления	0.03
2.	Разгерметизация трубопровода (1м)	$5 \cdot 10^{-6}$
3.	Разгерметизация насосов	$7 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-3}$
4.	Разрушение стенки корпуса резервуара	$1,161 \cdot 10^{-4}$
5.	Разрушение упорных соединений	$0,678 \cdot 10^{-4}$
6.	Разрушение монтажных соединений	$0,24 \cdot 10^{-4}$
7.	Разрушение вставок	$0,192 \cdot 10^{-4}$
8.	Другие отказы	$0,342 \cdot 10^{-4}$
9.	Утечка от разгерметизации резервуара	$0.1 \cdot 10^{-4}$
10.	Разряды атмосферного электричества	$0.2 \cdot 10^{-4}$
11.	Разряды статического электричества	$1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3}$
12.	Открытое пламя и искры	$5 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-3}$

Содержание сценариев и последствия аварийных ситуаций с природным газом (метан) определялись рядом факторов, основными из которых являются:

- тип и структура технологической схемы;
- виды соединения основных блоков, аппаратов, установок и т.п.;
- способ размещения запорных, предохранительных и регулирующих устройств;
- последовательность и время срабатывания запорных устройств;
- схема и надежность систем КИП и А;

- надежность и прочность технологического оборудования (качество изготовления, монтажа и т.п.);
- уровень резервирования основных элементов технологической схемы;
- уровень квалификации обслуживающего персонала;
- степень плотности монтажа технологического оборудования в котельной, специальных помещениях или на открытой площадке.

Итоговая частота того или иного сценария реализации аварии на объекте определялась из соотношения:

$$A = A_0 \cdot B,$$

где: A - частота реализации данного сценария развития аварии, 1/год;

A_0 - частота реализации инициирующего события;

B - вероятность данного пути реализации аварии.

В качестве факторов, определяющих летальный исход, рассматривалось поражающее действие воздушной ударной волны, огневого шара, обломков строительных конструкций и осколков остекления.

С учетом данных, приведенных в таблице 1, истинные вероятности реализации сценария аварии С1, как наиболее опасного по своим последствиям, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Истинные частоты реализации аварийных ситуаций

Исходное событие	Наименование сценария	Сценарий	Частота реализации, год⁻¹
Разгерметизация газопровода 5,0*10 ⁻⁶ 1/(м*год)	Взрыв ГВС	С1.1	7,50E-07
	Рассеяние облака	С1.2	1,50E-06
	Локализация аварии	С1.3	2,25E-06
	Взрыв ГВС	С1.4	1,50E-07
	Рассеяние облака	С1.5	3,00E-07
	Локализация аварии	С1.6	5,00E-08

Количество опасных веществ, участвующих в создании поражающих факторов при реализации наиболее опасного по своим последствиям сценария развития аварийной ситуации, приведено в таблице 3.

Возникновение поражающих факторов, представляющих опасность для людей, а также зданий, сооружений и техники, расположенных вокруг территории газопровода высокого давления, ГРУ, котельной, возможно при:

- пожарах, причинами которых являются, разгерметизация трубопроводов, возникновении искр, образующихся при соударении друг с другом фрагментов трубы, либо при ударах о трубу «выдуваемых» высокоскоростными струями каменистых включений грунта;

- не контролируемом высвобождении запасенной на объекте энергии (химическая энергия – природный газ; запасенная механическая энергия – работа оборудования, агрегатов и механизмов; кинетическая - движущиеся по территории автомобили и др. техника).

Таблица 3

Количество опасных веществ, участвующих в создании поражающих факторов при реализации наиболее опасного по своим последствиям сценария развития аварийной ситуации

№ сценария	Результат развития аварийной ситуации	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества, т	
			участвующего в аварийной ситуации	участвующего в создании поражающих факторов
С1	1. Выброс метана из газопровода $P = 5 \text{ кгс/см}^2$ Ду 150х6 мм	Взрыв ГВС	0,127	0,239
	2. Выброс метана из газопровода $P = 0,5 \text{ кгс/см}^2$ Ду 273х6 мм		0,250	0,489

Возможными причинами аварий могут быть:

- разрыв линейной части газопровода (усталость металла, коррозия; брак сварки; механическое повреждение оборудования в результате нарушения регламента работ и т.д.);

- гипотетическая авария с разгерметизацией технологических систем.

Событиями, составляющими сценарий развития аварий являются:

а) *выброс газа* (образование горящих факелов, пожар с последующим вовлечением окружающего оборудования и транспортных средств, несущих конструкций, трубопроводов);

б) образование и дрейф облака газовойвоздушной смеси (взрывное превращение облака, образование воздушной ударной волны, формирование огневого шара, разрушение окружающего оборудования и транспортных средств, несущих конструкций, трубопроводов);

В качестве поражающих факторов рассмотрены:

- воздушная ударная волна;
- тепловое излучение огневых шаров.

Для оценки степени разрушений и количества пострадавших от воздушной ударной принимались следующие значения (таблица 4).

Таблица 4

Оценка степени разрушений и количества пострадавших

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека	P, кПа
Разрушение остекления	5
Разрушение перегородок и кровли кирпичных зданий	15
Разрушение стен кирпичных зданий	40
Отсутствуют летальные исходы, возможны травмы от разрушения стекол и повреждения стен здания	5.9-8.3
Летальный исход маловероятен, временная потеря слуха или травмы от вторичных эффектов ВУВ	16
Летальный исход возможен, травмы серьезные	24
Летальный исход в 50% случаев	55
Летальный исход	70

Для оценки разрушений и количества пострадавших от теплового излучения горящих факелов принимались следующие значения (таблица 5).

Таблица 5.

Оценка разрушений и количества пострадавших от теплового излучения горящих факелов

Характер повреждений элементов зданий и воздействия на человека	Интенсивность излучения, кВт/м²
Стальные конструкции (Твоспл=300 °С) разрушение	
10 минут	30
30 минут	20
50 минут	15
Кирпичные конструкции (Твоспл=700 °С) разрушение	
10 минут	95
30 минут	55
50 минут	35
Летальный исход	
10 секунд	45
30 секунд	35
1 минута	20
10 минут	10
Ожог 2-ой степени	
10 секунд	20
30 секунд	10.5
1 минута	8
10 минут	6

Анализ оценки риска позволяет проранжировать различные участки объекта по степени их опасности (по степени убывания опасности).

По результатам анализа можно построить F/N и F/G диаграммы (рис. 1, 2).

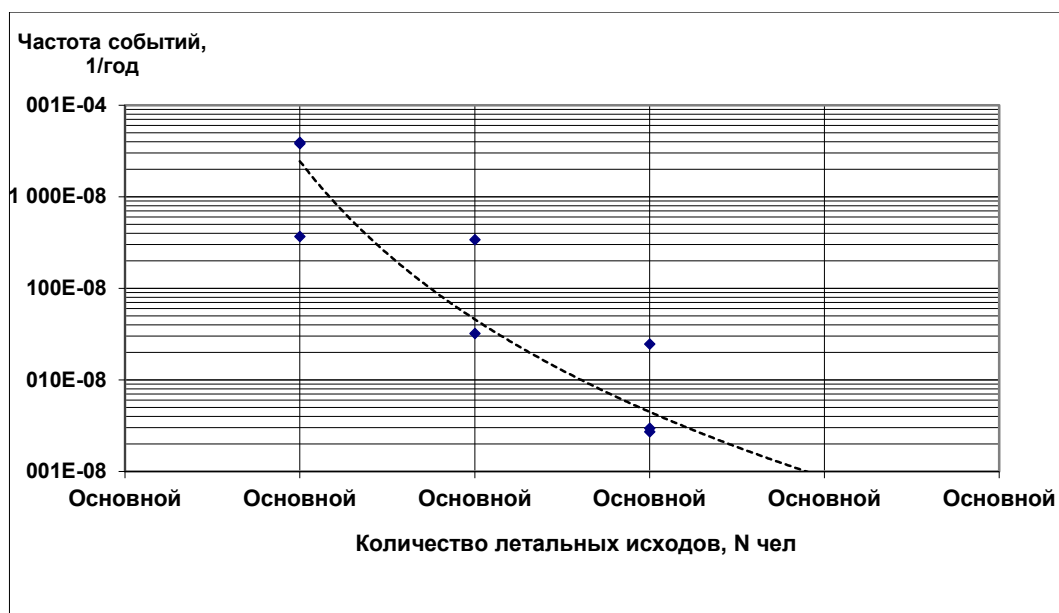


Рисунок 1. Частота гибели различного количества людей от аварий на объекте

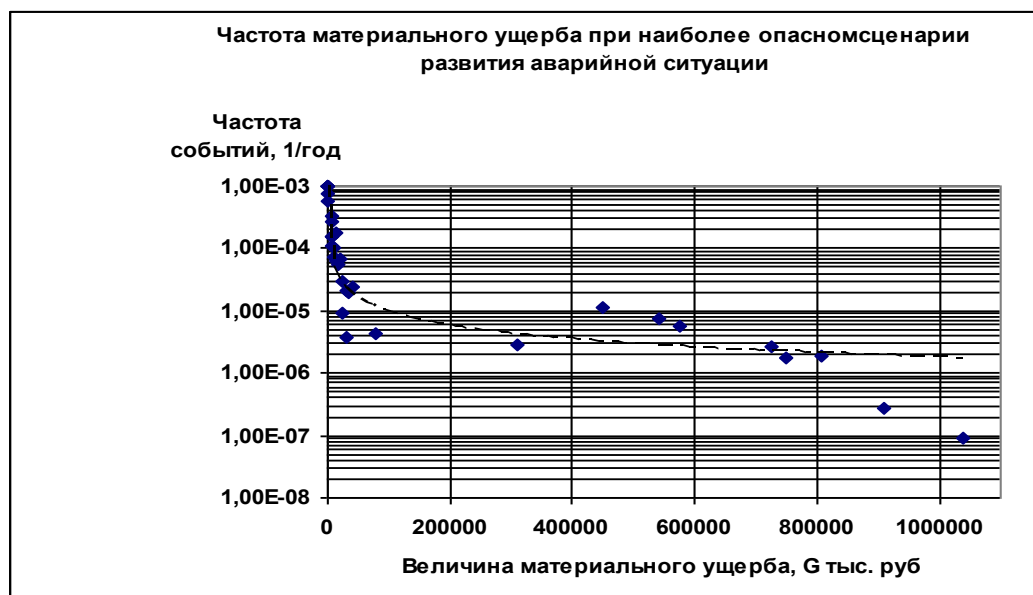


Рисунок 2. Частота возникновения материального ущерба различного масштаба от аварий на объекте

Анализ полученных результатов оценки риска показывает, что для рассматриваемого объекта уровень риска соответствует принятым мировым

нормам. И не требуется разработка специальных мероприятий по уменьшению риска.

Использованные источники:

1. Федеральный закон от 21.09.97г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». - [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ дата обращения 20.06.2022). –Текст: электронный.
2. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144. - [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133801?marker=7D20K3>, дата обращения 20.06.2022). –Текст: электронный.