

УДК 614.84

<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-3-44-55>

Исследование риска аварий на объекте теплоснабжения и разработка комплекса мероприятий по повышению безопасности его функционирования

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2020

Емельянова В. А.*,
Соколова Е. В.,
Северо-Кавказский
федеральный университет,
355017, Россия, г. Ставрополь,
ул. Пушкина, д. 1

Аннотация

В каждом технологическом процессе существует риск возникновения чрезвычайной ситуации или любой другой аварийной ситуации, которая может повлечь за собой гибель людей, материальный ущерб, а также вред окружающей среде. Для России проблема аварийности предприятий теплоснабжения стоит особенно остро, так как климатические условия на большей части ее территории достаточно суровые, при этом уровень износа жилищного фонда и инженерных объектов высокий. Актуальность темы исследования обусловлена возрастающим уровнем риска аварий на предприятиях теплоснабжения, работающих с опасными химическими веществами. На безопасность работы объектов данной отрасли влияют следующие факторы: надежность защиты рабочих и служащих от воздействия последствий ЧС; защищенность от вторичных поражающих факторов; надежность системы снабжения организации всем необходимым для функционирования; устойчивость и непрерывность управления производством и гражданской обороной; подготовленность объекта к ведению аварийно-спасательных и других неотложных работ и др. В процессе исследования изучены основные сведения о деятельности районной тепловой станции, проведен анализ причин возникновения аварийных ситуаций на ней, разработаны и охарактеризованы вероятные сценарии развития возможных аварий, представлена характеристика поражающих факторов и зон их негативного воздействия. Из всех возможных сценариев был выделен как наиболее опасный сценарий, связанный с разрывом котла, так и наиболее вероятный — полная/частичная разгерметизация оборудования котла. Проанализированы риски аварий, возможных в процессе функционирования тепловой станции (котельной), и предложен комплекс мероприятий по предотвращению и минимизации последствий возможных чрезвычайных ситуаций на объекте жизнеобеспечения населения с обоснованием их экономической целесообразности.

Ключевые слова: безопасность, объекты теплоснабжения, риск аварий, последствия, предотвращение, минимизация, экономическая целесообразность.

Для цитирования: Емельянова В. А., Соколова Е. В. Исследование риска аварий на объекте теплоснабжения и разработка комплекса мероприятий по повышению безопасности его функционирования // Проблемы анализа риска. Т. 17. 2020. № 3. С. 44—55, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-3-44-55>

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Investigation of the Risk of Accidents at the Heat Supply Facility and Development of a Set of Measures to Improve the Safety of its Operation

Victoria A. Emelyanova*,
Ekaterina V. Sokolova,
North Caucasus Federal
University,
355017, Russia, Stavropol,
Pushkin str., 1

Abstract

In every technological process, there is a risk of an emergency or any other emergency that could result in death, material damage, or environmental damage. For Russia, the problem of breakdown of heat supply enterprises is especially acute, since the climatic conditions in its larger territory are quite severe, while the level of wear of the housing stock and engineering facilities is high. The relevance of the research topic is due to the increasing level of risk of accidents at heat supply enterprises working with hazardous chemicals. The following factors affect the operational safety of facilities in this industry: the reliability of the protection of workers and employees from the effects of emergencies; protection against secondary damaging factors; reliability of the organization's supply system with everything necessary for functioning; sustainability and continuity of production and civil defense management; preparedness of the facility for emergency rescue and other emergency operations and more. In the process of the study, basic information about the activities of the district thermal station was studied, an analysis of the causes of emergencies at it was conducted, probable scenarios for the development of possible accidents were developed and characterized, and characteristics of the damaging factors and their negative impact zones were presented. Of all the possible scenarios, the most dangerous scenario associated with the boiler rupture, as well as the most probable scenario, was the complete/partial depressurization of the boiler equipment. The risks of accidents that are possible during the operation of the heat station (boiler room) are analyzed, and a set of measures is proposed to prevent and minimize the consequences of possible emergencies at the livelihood of the population with justification for their economic feasibility.

Keywords: safety, heat supply facilities, risk of accidents, consequences, prevention, minimization, economic feasibility.

For citation: Emelyanova Victoria A., Sokolova Ekaterina V. Investigation of the Risk of Accidents at the Heat Supply Facility and Development of a Set of Measures to Improve the Safety of its Operation // Issues of Risk Analysis. Vol. 17. 2020. No. 3. P. 44-55, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-3-44-55>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Общие сведения о деятельности районной тепловой станции
2. Описание вероятных сценариев развития возможных аварий на районной тепловой станции
3. Оценка риска аварий в котельной
4. Мероприятия по обеспечению безопасности функционирования объекта теплоснабжения

Заключение

Литература

Введение

Объекты топливно-энергетического комплекса (ТЭК) имеют особую значимость для любого государства, так как затрагивают систему жизнеобеспечения населения, являясь важнейшим элементом как социальной, так и экономической сферы.

ТЭК является одной из основных отраслей развития государства, от которой зависит поддержание на достойном уровне энергообеспечения населения и составляющей национальной безопасности.

Анализ наиболее крупных аварий на объектах теплоснабжения показал, что доминирующее их количество произошло в машинных залах (44,4%) и в котельных (18,5%). При этом наибольшее количество погибших и травмированных людей именно в котельных отделениях — погибло 66,4%, получили травмы различной степени тяжести 34,0%. Поэтому очевидна необходимость совершенствования системы безопасности на подобных объектах.

Основной причиной увеличения на 50% за последние 5 лет количества аварий в котельных является устаревание оборудования, а также рост количества источников теплоснабжения, отработавших расчетный срок службы. В связи с чем возросла угроза возникновения техногенных ЧС [1].

1. Общие сведения о деятельности районной тепловой станции

Объектом исследования данной проблемы является одна из многочисленных районных тепловых станций (РТС), расположенная в черте города. Отдельно от котельной расположена мазутная станция с мазутной емкостью (1000 м³) и газораспределительный пункт (ГРП). На объекте также имеется система распределительных газопроводов. В котельной функционируют два паровых котла ДЕ 25/14. Котельная включена в государственный реестр опасных производственных объектов (ОПО)¹.

На территории объекта РТС хранятся и используются пожаро- и взрывоопасные вещества:

- мазут до 1000 т;
- газ метан природный — 0,119 т с рабочим давлением 0,32 кгс/м².

¹ Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/6e24082b0e98e57a0d005f9c20016b1393e16380/

Исходя из того, что РТС эксплуатирует легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) и горючие (ГЖ) жидкости, и с учетом технологии ее функционирования возможно развитие техногенных ЧС.

2. Описание вероятных сценариев развития возможных аварий на районной тепловой станции

Анализ аварий, произошедших на аналогичных объектах, показывает, что они могут сопровождаться пожарами и взрывами на открытой площадке и в замкнутом объеме (помещении) и связаны с:

- разгерметизацией газового оборудования котла;
- ошибочными действиями персонала при розжиге запальника котла;
- погасанием горелки котла;
- разгерметизацией (разрывом) технологического трубопровода.

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, можно выделить следующие сценарии аварий, типичные для данной категории объектов:

1. С-1 — выброс опасного вещества (выброс газа).
2. С-2 — сгорание («пожар-вспышка») облака ГПВС на открытой площадке.
3. С-3 — взрыв облака ГПВС в замкнутом пространстве (помещении или оборудовании).
4. С-4 — факельное горение (горение струи газа).
5. С-5 — физический взрыв.

Вероятности возникновения иницирующих аварийную ситуацию событий, представленные в табл. 1, определялись на основании статистических данных, нормативных документов и литературных источников².

Количество поступивших в окружающее пространство пожароопасных веществ, которые могут образовать взрывоопасные газопаровоздушные смеси (ГПВС) или проливы легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на подстилающей поверхности, определяется исходя из следующих предпосылок:

- происходит расчетная авария одного из котлов или трубопровода;

² Приказ Ростехнадзора «Об утверждении «Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» от 13.05.2015 № 188. <http://www.docs.cntd.ru/document/420283079>

Таблица 1. Вероятность возникновения инициирующих событий

Table 1. The Probability of Triggering Events

№ п/п	Иницирующее событие	Вероятность, год ⁻¹
1	Разгерметизация технологического трубопровода (D = 200 мм)	$4,7 \times 10^{-7} \text{ м}^{-1}$
2	Разгерметизация технологического трубопровода (D = 300 мм)	$2,0 \times 10^{-7} \text{ м}^{-1}$
3	Разгерметизация оборудования под давлением	$9,0 \times 10^{-5}$
4	Погасание пламени горелки	$3,8 \times 10^{-4}$

Таблица 2. Количество опасных веществ, участвующих в аварийных ситуациях

Table 2. Number of Hazardous Substances Involved in Emergency Situations

№ п/п	Наименование оборудования	Сценарий	Количество опасного вещества, т	
			участвующего в аварии	участвующего в создании поражающих факторов
1	Наружный газопровод	С-1	1,3	1,3
		С-2		0,13
		С-4		1,3
2	Внутренние газопроводы	С-1	1,3	1,3
		С-3А		0,39
3	Котел ДЕ 25/14	С-1	0,08	0,08
		С-3Б		
		С-5		

• все содержимое аппарата, трубопровода поступает в окружающее пространство;

• расчетное время отключения трубопроводов принимается равным 300 с (ручное отключение).

Сведения о количестве опасных веществ, участвующих в аварийных ситуациях, представлены в табл. 2.

Зона загазованности определяется размерами зоны, ограниченной нижним концентрационным пределом распространения пламени (НКПР) газов и паров нефтепродуктов.

Количественная оценка параметров облака ГПВС, ограниченного НКПР, проводилась в соответствии с ГОСТ Р 12.3.047-98 (табл. 3)³.

³ ГОСТ Р 12.3.047-98. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. <http://www.docs.cntd.ru/document/1200003311>

Количественная оценка зоны воздействия продуктов сгорания ГПВС в случае «пожара-вспышки» проводилась по методу, изложенному в РД 03-418-01⁴.

Результаты расчета зон поражения представлены в табл. 4.

Результаты расчета избыточного давления, развивающегося при сгорании ГПВС в помещении, представлены в табл. 5.

Количественная оценка параметров воздушных ударных волн за пределами аварийного оборудования (при взрыве внутри оборудования) проводилась по методике расчета радиусов зон разрушений, изложенной в Приложении 2 к ПБ 09-540-03⁵.

⁴ РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов / Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.2001 № 30. <http://www.docs.cntd.ru/document/1200012878>

⁵ ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. <http://www.gosthelp.ru/text/PB0954003Obshhiepravilavz.html>

Таблица 3. Результаты расчета зон НКПР пламени

Table 3. The Results of the Calculation of the Zones of the Lower Concentration Limit of Flame Propagation

Наименование оборудования	Сценарий	Характеристика зоны действия поражающих факторов	
		параметр	значение
Наружный газопровод	С-1	Размеры зон, ограниченных НКПР, м: радиус зоны НКПР, м высота зоны НКПР, м	37,7 1,3
Внутренние газопроводы	С-1	Размеры зон, ограниченных НКПР, м: радиус зоны НКПР, м высота зоны НКПР, м	37,7 1,3
Котел ДЕ 25/14	С-1	Размеры зон, ограниченных НКПР, м: радиус зоны НКПР, м высота зоны НКПР, м	15,0 0,5

Таблица 4. Результаты расчета зон действия поражающих факторов (ПФ) при сгорании («пожаре-вспышке») ГПВС на открытой площадке

Table 4. The Results of the Calculation of the Zones of Action of Damaging Factors during Combustion ("Fire-flash") Gas-Air Mixtures in an open Area

Наименование оборудования	Сценарий	Характеристика зоны действия ПФ	
		параметр	значение
Наружный газопровод	С-2	Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания, м	37,7

Таблица 5. Результаты расчета зон поражения при взрыве ГПВС в помещении

Table 5. The Results of the Calculation of the affected Areas in the Explosion of Gas-Vapor Mixtures in the Room

Наименование оборудования	Сценарий	Характеристика зоны действия ПФ	
		параметр	значение
Внутренние газопроводы	С-3А	Максимальное давление в помещении, кПа	25,3
		Степень разрушения здания	Средняя

Таблица 6. Результаты расчета зон поражения при взрыве внутри оборудования

Table 6. The Results of the Calculation of the Damage Zones in an Explosion inside the Equipment

Наименование оборудования	Сценарий	Характеристика зоны действия поражающего фактора	
		параметр	значение
Котел ДЕ 25/14	С-3Б	Радиусы зон разрушения зданий и сооружений, м:	
		100 кПа — полное разрушение зданий	1,3
		70 кПа — сильное разрушение зданий	1,8
		28 кПа — средние повреждения зданий	3,2
		14 кПа — слабые повреждения зданий	9,2
2 кПа — частичное разрушение остекления	18,5		

Таблица 7. Результаты расчета коллективного риска

Table 7. Collective Risk Calculation Results

№ п/п	Наименование оборудования	Число пострадавших, чел.	Вероятность реализации сценария, 1/год	Коллективный риск, чел./год
1	Наружный газопровод	0	1,82E-05	0,00E+00
		1	5,76E-06	5,76E-06
		1	6,00E-06	6,00E-06
2	Внутренние газопроводы	1	2,23E-06	0,00E+00
		2	1,18E-07	2,36E-07
3	Котел ДЕ 25/14	0	1,71E-05	0,00E+00
		2	1,90E-06	3,80E-06
		2	4,50E-06	9,00E-06

Таблица 8. Исходные данные для построения F/N и F/G-диаграмм

Table 8. Input Data for Building F/N and F/G Diagrams

№ п/п	Наименование оборудования	Сценарий	Количество пострадавших, чел.	Вероятность реализации сценария, 1/год	Вероятный ущерб, тыс. руб.
1	Наружный газопровод	С-1	0	1,82E-05	8,0
		С-2	1	5,76E-06	215,1
		С-4	1	6,00E-06	2012,7
2	Внутренние газопроводы	С-1	0	2,23E-06	6,4
		С-3А	2	1,18E-07	2274,5
3	Котел ДЕ 25/14	С-1	0	1,71E-05	264,03
		С-3Б	2	1,90E-06	4840,03
		С-5	2	4,50E-06	4840,03

При этом в качестве критериальных значений степени повреждения соседних зданий и сооружений приняты параметры, представленные в табл. 6.

3. Оценка риска аварий в котельной

Риск аварии — это мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий.

Результаты расчета коллективного риска представлены в табл. 7.

Социальный риск (F/N -кривая) — зависимость частоты возникновения событий, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек (F), от этого числа N .

F — частота возникновения событий, в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек.

Оценка ущерба произведена на основе Методических рекомендаций по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах РД 03-496-02⁶.

В таблице 8 представлены исходные данные для построения F/N и F/G -диаграмм.

Данные для построения F/N -диаграммы представлены в табл. 9.

⁶ РД 03-496-02. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах / Утв. постановлением Госгортехнадзора России от 29.10.2002 № 63. <http://www.docs.cntd.ru/document/1200031148>

Таблица 9. Результаты расчета значений F и N Table 9. The Results of Calculating the Values of F and N

№ п/п	Количество пострадавших, не менее N , чел.	Частота реализации F , год ⁻¹
1	1	5,76E-05
2	2	4,49E-05
3	3	1,28E-05
4	4	3,80E-06

F/G -диаграммы — зависимость частоты возникновения событий F , в результате которых нанесен ущерб G , от этого числа G (табл. 10).

В табл. 11 представлены результаты оценки риска ЧС.

Определение расчетных величин риска выполняется по Методике, утвержденной Приказом МЧС РФ от 30.06.2009 № 382⁷. Показатели степени риска наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития чрезвычайной ситуации описаны ниже.

Показатель приемлемого риска, год⁻¹:

- для персонала — 10^{-6} ;
- для населения, проживающего на близлежащей территории, — 10^{-8} .

Коллективный риск: $1,18 \times 10^{-4}$.

Индивидуальный риск для персонала объекта: $2,51 \times 10^{-6}$.

Индивидуальный риск для населения: $< 10^{-6}$.

1. Наиболее опасный сценарий развития чрезвычайных ситуаций:

- краткая характеристика сценария развития ЧС: разрыв котла → разлет осколков, образование ударной волны за счет энергии расширяющегося пара → попадание персонала в зону воздушной ударной волны и осколков → травмирование персонала;
- частота возникновения: $4,50 \times 10^{-6}$ год⁻¹;
- количество опасного вещества, участвующего в реализации сценария: до 0,46 т природного газа;

Таблица 10. Результаты расчета значений F и G Table 10. The Results of Calculating the Values of F and G

№ п/п	Величина ущерба, не менее G , тыс. руб.	Частота реализации F , год ⁻¹
1	6,4	2,42E-04
2	8	2,39E-04
3	215,1	1,88E-04
4	264,03	1,55E-04
5	2012,7	5,21E-05
6	2274,5	4,61E-05
7	4840,03	4,60E-05
8	4840,03	2,04E-05

- возможное количество погибших среди персонала: 2 чел.;
 - возможное количество пострадавших среди персонала: 2 чел.;
 - площадь зон действия поражающих факторов при реализации сценария развития чрезвычайных ситуаций: 11 041 м²;
 - материальный ущерб: 14,5 млн руб.
2. Наиболее вероятный сценарий развития чрезвычайных ситуаций:
- краткая характеристика сценария развития ЧС: полная/частичная разгерметизация оборудования котла → выброс газа → образование зоны загазованности помещения котельной;
 - частота возникновения: $1,71 \times 10^{-5}$ год⁻¹;
 - количество опасного вещества, участвующего в реализации сценария: до 80 кг природного газа;
 - возможное количество погибших среди персонала: 0 чел.;
 - возможное количество пострадавших среди персонала: 0 чел.;
 - площадь зон действия поражающих факторов при реализации сценария развития чрезвычайных ситуаций: 1970 м²;
 - материальный ущерб: 264 тыс. руб.

Таким образом, наиболее опасный сценарий развития станет причиной гибели и травмирования персонала объекта и повлечет существенный материальный ущерб — около 14,5 млн руб. Наиболее вероятный сценарий по масштабам менее

⁷ Приказ МЧС России «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» от 30.06.2009 № 382. http://www.mchs.gov.ru/law/Normativno_pravovie_akti_Ministerstva/item/5380580/

Таблица 11. Результаты оценки риска ЧС

Table 11. Emergency Risk Assessment Results

№ п/п	Наименование оборудования	Сценарий	Безвозвратные потери, чел.	Санитарные потери, чел.	Вероятность реализации сценария, 1/год	Вероятный ущерб, тыс. руб.
1	Наружный газопровод	C-1	0	0	1,82E-05	8,0
		C-2	0	1	5,76E-06	215,1
		C-4	1	0	6,00E-06	2012,7
2	Внутренние газопроводы	C-1	0	0	2,23E-06	6,4
		C-3А	1	1	1,18E-07	2274,5
3	Котел ДЕ 25/14	C-1	0	0	1,71E-05	264,03
		C-3Б	1	1	1,90E-06	4840,03
		C-5	1	1	4,50E-06	4840,03

значителен — пострадавших и погибших нет, а ущерб составит 264 тыс. руб. Оба сценария развития ЧС не выходят за пределы объекта и могут считаться локальными.

4. Мероприятия по обеспечению безопасности функционирования объекта теплоснабжения

РТС является предприятием, относящимся не только к ОПО, но и к объектам жизнеобеспечения, и в случае аварии на нем пострадать от вторичных факторов аварии, таких как отсутствие подачи горячей воды и тепла в холодное время года, может значительное количество людей, в связи с этим для предприятия установлены особые требования контроля доступа и особые требования к персоналу. Также на предприятии должен быть обеспечен необходимый уровень готовности руководства и персонала, сил и средств аварийного реагирования к предотвращению и ликвидации аварии или возгорания на территории предприятия, а также готовности к другим ЧС.

Вероятность возникновения аварийных ситуаций снижается при модернизации оборудования и внедрении современных систем контроля и противоаварийной защиты: оснащение опасного объекта датчиками загазованности, системой пожаротушения, системой блокировок и сигнализаций и т. д.

Так как во время ЧС изменение обстановки происходит крайне быстро, для локализации катастрофы необходимо обеспечить своевременное поступ-

ление информации, что возможно посредством замены существующей системы оповещения и связи на автоматизированную систему связи и оперативного управления (АССОУ).

В табл. 12 представлена ориентировочная стоимость аппаратно-программного комплекса для реализации предлагаемой схемы АССОУ, внедрение которой возможно путем интегрирования имеющегося на объекте оборудования.

Данную автоматизированную систему целесообразно внедрять на объекте, т. к. стоимость затрат на ее построение и эксплуатацию вдвое меньше, чем потенциальный материальный ущерб при реализации наиболее вероятного сценария развития ЧС, за счет оперативности реагирования.

Для защиты персонала РТС и его жизнеобеспечения в условиях ЧС предусмотрены СИЗ дыхания ГП-7 в количестве 40 шт. с расчетом наибольшего числа персонала на объекте. ГП-7 является эффективным во время эвакуации людей из опасной зоны, но полную защиту он обеспечивает только в том случае, если размер противогаса подобран правильно. В противном случае это понизит эффективность его применения. Наилучшим вариантом для предприятия на данный момент является панорамная маска ARTIRUS-M. Она является безразмерной и не уступает ГП-7 по длительности фильтрации. ГП-7 может храниться в упаковке производителя до 10 лет, но при соблюдении соответствующих условий. При этом ARTIRUS-M

Таблица 12. Расчет стоимости внедрения и эксплуатации аппаратно-программного комплекса, необходимого для реализации схемы АССОУ

Table 12. Calculation of the Cost of Implementation and Operation of the Hardware and Software Complex Necessary for the Implementation of an Automated Communication System and Operational Management

Наименование оборудования	Имеется на объекте, шт.	Требуется приобрести, шт.	Стоимость, руб.
Сервер Intel Celeron Processor 540	1	2	28 500
ПЭВМ диспетчеров	1	1	–
Источники бесперебойного питания	1	3	2 × 2600 = 5200
Принтер HP Deskjet 2400	2	3	4600
Сетевая карта GenuisGE3000 ЦУС	3	3	–
Факс-модем USR Courier 33600	1	2	2700
СОДС «НАБАТ»	0	2	2 × 6000 = 12 000
Проектор	0	1	12 000
Устройство сопряжения	1	1	–
АКИП	0	70	70 × 1000 = 70 000
Запасные части и материалы, в год	–	–	1230
Всего	–	–	124 230

может храниться в упаковке производителя без создания особых условий хранения до 5 лет, что позволяет сэкономить на соблюдении этих условий и как раз компенсировать более короткий срок хранения.

Для приобретения масок ARTIRUS-M и фильтров к ним необходимо: $(1500 + 200) \times 40 = 68\,000$ руб.

Замену ГП-7 на маски ARTIRUS-M целесообразно осуществить после истечения срока годности противогазов, находящихся на предприятии в данный момент.

Одним из инженерно-технических решений по обеспечению безопасности функционирования РТС является модернизация ее молниезащиты. На объекте расположено два стержневых молниеприемника RD16 высотой 1 м, которые обеспечивают защиту от молнии в радиусе 150 м^2 , что не полностью покрывает территорию предприятия, а следовательно, не защищает его с требуемой надежностью⁸.

⁸ СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. <http://www.docs.cntd.ru/document/1200034368>

На объекте возможна реализация двух вариантов молниезащиты:

- 1) отдельно стоящим молниеприемником, обеспечивающим требуемую надежность;
- 2) молниеприемной решеткой.

К основным показателям вариантов молниезащиты относятся:

- капитальные затраты на сооружение;
- эксплуатационные расходы.

Сравнение вариантов осуществляется по показателю приведенных затрат (Π_i):

$$\Pi_i = C_i + E_n K_p \quad (1)$$

где E_n — нормативный коэффициент экономического эффекта капитальных вложений (в ТЭК обычно принимают $E_n = 0,14$ 1/год);

C_i — эксплуатационные расходы, руб./год;

K_i — капитальные вложения по каждому варианту, руб.

Результаты расчета приведенных затрат на сооружение молниезащиты приведены в табл. 13.

Расчеты показали, что молниезащита помещения котельной молниеприемной решеткой эконо-

Таблица 13. Расчет приведенных затрат на сооружение молниезащиты

Table 13. Calculation of Reduced Costs for the Construction of Lightning Protection

Показатель	Молниезащита	
	1-й вариант	2-й вариант
Общая сумма капитальных затрат, руб.	214 917,47	82 849,57
Эксплуатационные расходы, руб.	10 745,8	4142,479
Приведенные затраты, руб.	345 164,84	320 072,02

мически более выгодна по сравнению с базовым вариантом — отдельно стоящим молниеприемником.

Объект является пожаровзрывоопасным, т. к. на его территории находятся цистерны с ЛВЖ и ГЖ, которые расположены на расстоянии 5 м друг от друга и на расстоянии 10 м от здания котельной, чтобы противостоять моментальному возгоранию соседних объектов. Для улучшения защиты от пожаров целесообразно установить внутри объекта автоматизированную дренчерную систему тушения пожара. Это позволит сократить последствия при возгорании на объекте и не допустить распространения пожара. Для этого подходят оросители СВН-10 (ДВН-10) при площади орошения 7,1 м². С учетом взаимного перекрытия периферийных областей каждый ороситель защищает площадь 9 м². Площадь каждого котла ДЕ 25/14 в горизонтальной проекции примерно 30 м², расстояние между ними 10 м, таким образом, орошаемая площадь составит около 100 м². Всего необходимо установить 11 оросителей.

Установка автоматизированной системы дренчерного пожаротушения позволит не только избежать существенного материального ущерба, но и исключить человеческие жертвы.

Помимо этого для предотвращения угрозы возникновения взрыва и отравления химическими веществами сотрудников и населения необходимо оснастить паровые котлы датчиками для отслеживания утечек и перегрузок. Для этого необходимо установить датчики сигнализации утечки газа «HONEYWELL 6618B» рядом с цистерной метана

Таблица 14. Расчет стоимости установки дренчерной системы

Table 14. Calculation of the Cost of Installing a Deluge System

Наименование оборудования	Требуется, шт.	Стоимость, руб.
Ороситель СВН-10	11	11 × 195 = 2145
Насос НКФ-54	1	32 780
Трубопровод	1	12 600
Управляющий узел	1	6800
Всего		54 325

(позволяет вовремя отследить наличие утечки метана и приостановить работу предприятия во избежание ЧС) стоимостью 3900 руб. и смонтировать над цистерной с мазутом 4 модуля порошкового пожаротушения «Эпотос Буран-2,5-2С», что позволит перекрыть площадь возможного возгорания мазута и избежать выброса едких продуктов горения в атмосферный воздух. Суммарно для приобретения «Эпотос Буран-2,5-2С» необходимо: 4 × 1975 = 7900 руб. Также необходимо установить 4 датчика контроля воздуха «МТ8056» по периметру предприятия общей стоимостью 4 × 2950 = 11 800 руб.

Срок окупаемости предложенных мероприятий ($\Theta_{\text{мо}}$), если они будут реализованы за счет собственных средств, определяется по формуле (2):

$$\Theta_{\text{мо}} = 3_{\text{ед}} / \Theta_{\text{г}} \quad (2)$$

где $3_{\text{ед}}$ — единовременные затраты (капитальные вложения);

$\Theta_{\text{г}}$ — экономический годовой эффект:

$$\Theta_{\text{г}} = Y_{\text{сум}} - 3_{\text{ед}} \times E_{\text{н}} \quad (3)$$

где $Y_{\text{сум}}$ — ущерб от наиболее опасного сценария ЧС;
 $E_{\text{н}}$ — нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности (0,08).

$$3_{\text{ед}} = 124 230 + 68 000 + 320 072 + 54 325 + 3900 + 7900 + 11 800 = 590 227 \text{ руб.}$$

$$\Theta_{\text{г}} = 14 520 150 - 590 227 \times 0,08 = 14 472 931,84 \text{ руб.}$$

$$\Theta_{\text{мо}} = 590 227 / 14 472 931,84 = 0,04 \text{ года (15 дней).}$$

Срок окупаемости единовременных затрат в случае реализации наиболее опасного сценария не превышает 15 дней. Величина суммарной экономии

равна 14,5 млн руб., поэтому для предотвращения возможного ущерба эффективность предложенных мероприятий очевидна.

Заключение

Проведенный анализ аварий на объектах теплоснабжения показывает, что при возникновении ЧС существует вероятность повреждения технологического оборудования и производственного помещения, а также поражения людей.

На сегодня в России сложилась далеко не оптимальная структура объектов системы теплоснабжения. С каждым годом растет статистика аварий на подобных объектах, как и уровень потерь в теплосетях. Главными причинами этого являются недостаточный контроль в области коммунальных услуг, устаревшее оборудование на объектах теплоснабжения и недостаточное финансирование теплосетей, не позволяющее заменить устаревающие фонды.

Заблаговременное определение зон поражения при возникновении аварии и определение сценариев ее развития позволят уменьшить возможный материальный ущерб, людские потери, снизить риск повторного возникновения подобных аварий.

С целью снижения риска аварий необходимо внедрение комплекса организационных и инженерно-технических мероприятий, направленных на повышение безопасности функционирования РТС, позволяющего усовершенствовать систему связи и оповещения, увеличить безопасность персонала в случае возникновения химической опасности, повысить пожарную безопасность объекта и уменьшить вероятность возникновения на объекте техногенных ЧС.

Литература [References]

1. Акимов В. А., Быков А. А. и др. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций (Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации) // Проблемы анализа риска. Т. 4. 2007. № 4. С. 368—377. [Akimov V. A., Bykov A. A., etc. Emergency Risk Assessment Methods and Risk Standards for Emergency Situations (Manual for the Assessment of Risks of Technological Emergencies Including Those Associated with the Operation of Critical Infrastructures in the Russian Federation) // Issues of Risk Analysis. Vol. 4. 2007. No. 4. P. 368—377 (Russia).]
2. Алёхин Г. Г. Анализ аварийных ситуаций на теплоэлектроцентралях // Молодой ученый. № 42 (228)/2018. С. 1—3 [Alyokhin G. G. Analysis of emergency situations at combined heat and power plants // Young scientist. № 42 (228)/2018. P. 1—3 (Russia).]
3. Иванов С. А., Перфилов С. Г., Козленко Р. Н. Методика экономической оценки эффективности в области обеспечения пожарной безопасности. Учебное пособие для дипломного проектирования / В. С. Артамонова. СПб.: Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2012. 263 с. [Ivanov S. A., Perfilov S. G., Kozlenko R. N. Method of economic assessment of efficiency in the field of fire safety. Training Manual for Diploma Design / V. S. Artamonov. SPb.: St. Petersburg Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2012. 263 p. (Russia).]
4. Присяжнюк Н. Л., Александров Г. В., Кузмичев И. И., Кузнецова Е. С., Соловьева Т. Н. Экономика пожарной безопасности. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 265 с. [Prisyazhnyuk N. L., Alexandrov G. V., Kuzmichev I. I., Kuznetsova E. S., Solovieva T. N. Fire Safety Economics. M.: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2016. 265 p. (Russia).]
5. Чистович С. А., Година С. Я. 100-летний юбилей теплофикации и централизованного теплоснабжения в России // Информационный бюллетень «Теплоэнергоэффективные технологии». 2003. № 3. С. 12—25. [Chistovich S. A., Godina C. J. 100th Anniversary of Heating and District Heating in Russia // Information bulletin “Heat and Energy Efficient Technologies”. 2003. № 3. P. 12—25 (Russia).]

Сведения об авторах

Емельянова Виктория Александровна: кандидат экономических наук, доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (ФГАОУ ВО СКФУ)

Количество публикаций: 89, в т. ч. монографий — 1, учебных изданий — 8

Область научных интересов: экономическое обоснование инженерно-технических мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Контактная информация:

Адрес: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1

E-mail: stavgopol-nc@mail.ru

Соколова Екатерина Владимировна: кандидат технических наук, доцент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» (ФГАОУ ВО СКФУ)

Количество публикаций: 72, в т. ч. учебных изданий — 11

Область научных интересов: техногенная и экологическая безопасность урбанизированных территорий

Контактная информация:

Адрес: 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1

E-mail: sokolova0584@mail.ru

Дата поступления: 13.05.2020

Дата принятия к публикации: 27.05.2020

Дата публикации: 30.06.2020

Came to edition: 13.05.2020

Date of acceptance to the publication: 27.05.2020

Date of publication: 30.06.2020