
БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Научная статья

УДК 614.844.1; DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УЩЕРБА ПРИ АВАРИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

✉ Сыздыков Максим Равильевич;
Балобанов Андрей Александрович;
Иванов Андрей Владимирович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ sytdykov@igps.ru

Аннотация. Рост числа объектов экономики нефтегазового комплекса на территории Российской Федерации влечет за собой увеличение числа аварий на этих объектах. Одними из самых аварийных объектов нефтегазового комплекса являются магистральные трубопроводы. Аварии на магистральных трубопроводах приводят к различным видам ущерба, совокупность которых увеличивает тяжесть последствий от аварий. В связи с этим возникает необходимость проведения сравнительной оценки потенциального ущерба при авариях магистральных трубопроводов с целью определения наиболее опасного их вида. Статья посвящена оцениванию аварийности магистральных трубопроводов методом анализа иерархий. Результаты исследования позволяют определить приоритетные направления по усилению требований безопасности на магистральном трубопроводном транспорте.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, метод анализа иерархий, аварии, ущерб, экспертная оценка

Для цитирования: Сыздыков М.Р., Балобанов А.А., Иванов А.В. Оценка степени ущерба при авариях магистральных трубопроводов методом анализа иерархий // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 3. С. 36–44. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44.

Scientific article

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DAMAGE IN CASE OF ACCIDENTS OF TRUNK PIPELINES BY THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS

✉ Sytdykov Maxim R.;

Balobanov Andrey A.;

Ivanov Andrey V.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ sytdykov@igps.ru

Abstract. The increase in the number of objects of the economy of the oil and gas complex on the territory of the Russian Federation entails an increase in the number of accidents at these objects. One of the most emergency facilities of the oil and gas complex are trunk pipelines. Accidents on main pipelines lead to various types of damage, the totality of which increases the severity of the consequences of accidents. In this regard, there is a need to assess the main pipelines in order to determine their most emergency type. For this purpose, the work carried out such an assessment of trunk pipelines by the method of hierarchy analysis. This assessment made it possible to identify priority areas for strengthening safety requirements in the main pipeline transport.

Keywords: trunk pipeline, hierarchy analysis method, accidents, damage, expert assessment

For citation: Sytдыkov M.R., Balobanov A.A., Ivanov A.V. Assessment of the degree of damage in case of accidents of trunk pipelines by the method of hierarchy analysis // Scientific and analytical journal «Vestnik Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia». 2023. № 3. P. 36–44. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-3-36-44.

Введение

На территории Российской Федерации в эксплуатации объектов экономики находится 4 259 опасных производственных объектов магистрального трубопроводного транспорта, в том числе: I класса опасности – 661 ед.; II класса опасности – 3 137 ед.; III класса опасности – 236 ед.; IV класса опасности – 225 ед. [1].

По имеющимся оценкам общая протяженность магистральных трубопроводов составляет более 272 тыс. км [2]. Из них: магистральных газопроводов – 183,4 тыс. км; магистральных нефтепроводов – 56,1 тыс. км; магистральных продуктопроводов – 25,2 тыс. км, в том числе аммиакопроводов – 1,4 тыс. км. Аварии на них, как правило, носят затяжной характер и приводят к тяжелым экологическим и материальным последствиям, при этом средняя частота аварийности на территории Российской Федерации за 10 лет составляет $\lambda_{\text{ср}}=0,043/(1000 \text{ км год})$ [3–6].

В настоящее время в Российской Федерации проводятся исследования, направленные на снижение уровня пожарного риска магистрального трубопроводного транспорта.

Так, в работе [7] предложен подход к определению расчетных величин пожарного риска при авариях на наружных газопроводах, который позволяет более точно определить значения риска травмирования и гибели людей в результате аварий на наружных газопроводах, расположенных на территории населенных пунктов. В работе [8] авторами разработана структура и алгоритм расчета пожарного риска при переходе магистральных трубопроводов через автомобильные дороги, и предложены практические мероприятия по снижению данного риска. Методика мониторинга коррозионно-опасных участков магистральных трубопроводов предложена в работе [9].

В официальной статистике Ростехнадзора [1] определены виды магистральных трубопроводов, аварии на которых приводят к наихудшим последствиям по таким видам ущерба, как: экономический ущерб; экологический ущерб; прямые потери от аварий; жертвы, а также затраты на локализацию и ликвидацию аварий. Однако в данной статистике не учитываются последствия от аварий по совокупности видов ущербов и величине пожарного риска, что не позволяет определить наиболее аварийно опасный вид магистрального трубопровода.

С этой целью в настоящем исследовании определяется наиболее аварийно опасный вид магистрального трубопровода по совокупности видов ущерба методом анализа иерархий, а также предлагаются решения, направленные на снижение негативных последствий от аварий на магистральных трубопроводах.

Методы исследования

Порядок проведения экспертной оценки методом анализа иерархии раскрыт в работах [10–12]. Для проведения экспертного оценивания предложена иерархическая структура, представленная на рисунке.

Вершина иерархии – это цель решаемой задачи, которая достигается путем попарного сравнения критериев (второй уровень иерархий) и альтернатив (третий уровень иерархии).

Для оценивания потенциальной опасности аварий на магистральных трубопроводах проведено анкетирование пяти экспертов, обобщенные сведения о которых представлены в табл. 1.

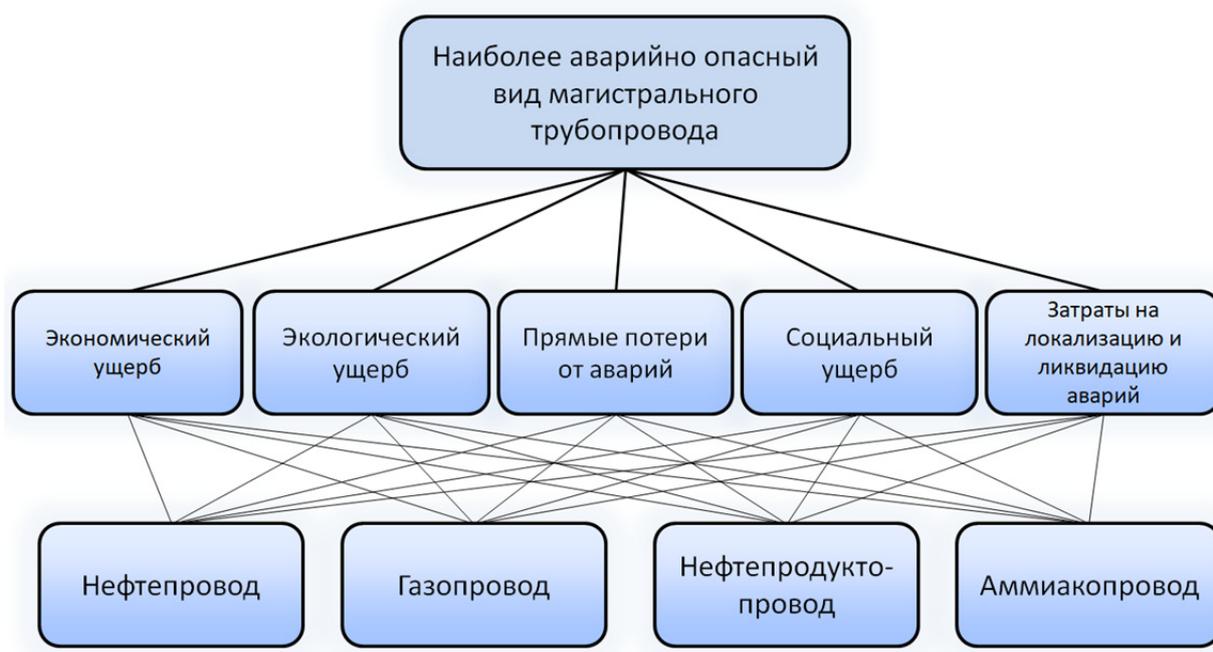


Рис. Иерархическая структура многокритериальной оценки

Таблица 1

Сведения об экспертах, привлеченных к опросу

Занимаемая должность	Стаж работы, лет	Количество (чел.)
Заместитель начальника Главного управления МЧС России по субъекту (по ГПС)	23	1
Начальник службы пожаротушения отряда ФПС (по охране объектов ПАО «Транснефть»)	24	1
Заместитель начальника отдела пожарной безопасности Департамента охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности ПАО «Транснефть»	10	1
Инженер отдела пожарной безопасности Департамента охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности ПАО «Транснефть»	5–7	2

Примечание: ГПС – Государственная противопожарная служба; ФПС – федеральная противопожарная служба

Экспертами было проведено ранжирование относительной важности оцениваемых параметров, расставлены степени значимости от 1 до 9, при этом 1 соответствует равной важности, 9 – соответствует очень сильному предпочтению одного параметра над другим. В случае если при сравнении одного элемента с другим получено одно из вышеуказанных чисел (например, 9), то при сравнении второго параметра с первым получим обратную величину (то есть 1/9).

По результатам оценки сформированы обобщенные матрицы попарных сравнений, представленные в табл. 2–7. Далее для каждой матрицы вычислены собственные векторы (V), нормированные собственные векторы (W), значения максимального собственного вектора (λ_{\max}), индексы согласованности экспертов (ИС) и отношения согласованности экспертов (ОС).

Таблица 2

Матрица попарных сравнений критериев второго уровня

Виды ущерба	Экономический ущерб	Экологический ущерб	Прямые потери от аварий	Социальный ущерб	Затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий
Экономический ущерб	1	1/5	3	1/7	5
Экологический ущерб	5	1	6	1/2	7
Прямые потери от аварий	1/3	1/6	1	1/3	1
Жертвы	7	2	3	1	9
Затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий	1/5	1/7	1	1/9	1

$$W=(0,117; 0,328; 0,0633; 0,451; 0,0408);$$

$$\lambda_{\max}=5,44;$$

$$ИС=\frac{5,44-5}{5-1}=0,11;$$

$$ОС=\frac{0,11}{1,12}=0,098.$$

Таблица 3

Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Экономический ущерб»

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	2	4
Газопровод	2	1	4	6
Нефтепродуктопровод	1/2	1/4	1	2
Аммиакопровод	1/4	1/6	1/2	1

$$V=(3,712; 6,926; 1,856; 1);$$

$$W=(0,275; 0,513; 0,138; 0,0741);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 4

Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Экологический ущерб»

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	7	2	5
Газопровод	1/7	1	1/4	1/2
Нефтепродуктопровод	1/2	4	1	2
Аммиакопровод	1/5	2	1/2	1

$$V=(4,329; 0,546; 2,108; 1);$$

$$W=(0,542; 0,0684; 0,264; 0,125);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 5

Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Прямые потери от аварий»

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	4	6
Газопровод	2	1	6	8
Нефтепродуктопровод	1/4	1/6	1	2
Аммиакопровод	1/6	1/8	1/2	1

$$V=(5,809; 9,793; 1,677; 1);$$

$$W=(0,318; 0,536; 0,0917; 0,0547);$$

$$\lambda_{\max}=4,02;$$

$$ИС=\frac{4,02-4}{4-1}=0,066;$$

$$ОС=\frac{0,01}{0,9}=0,0733.$$

Таблица 6

Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию «Социальный ущерб»

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	1/2	2	4
Газопровод	2	1	4	6
Нефтепродуктопровод	1/2	1/4	1	2
Аммиакопровод	1/4	1/6	1/2	1

$$V=(3,712; 6,926; 1,856; 1);$$

$$W=(0,275; 0,513; 0,138; 0,0741);$$

$$\lambda_{\max}=4,01;$$

$$ИС=\frac{4,01-4}{4-1}=0,00333;$$

$$ОС=\frac{0,00333}{0,9}=0,0037.$$

Таблица 7

**Матрица попарного сравнения альтернатив по критерию
«Затраты на локализацию и ликвидацию аварий»**

Вид трубопровода	Нефтепровод	Газопровод	Нефтепродуктопровод	Аммиакопровод
Нефтепровод	1	3	5	7
Газопровод	1/3	1	2	4
Нефтепродуктопровод	1/5	1/2	1	2
Аммиакопровод	1/7	1/4	1/2	1

$$V=(8,756; 3,482; 1,814; 1);$$

$$W=(0,582; 0,231; 0,121; 0,0664);$$

$$\lambda_{\max}=4,028;$$

$$ИС=\frac{4,028-4}{4-1}=0,00933;$$

$$ОС=\frac{0,00933}{0,9}=0,0104.$$

Далее определен наиболее потенциально опасный вид магистрального трубопровода путем определения весовых характеристик предложенных альтернатив, выраженных численными значениями относительного интегрального показателя ущерба (потерь). Чем выше значение интегрального показателя, тем выше совокупный размер потенциального ущерба от аварий на данном виде магистрального трубопровода. С этой целью последовательно определены векторы приоритетов альтернатив относительно элементов, находящихся на всех иерархических уровнях. Вычисление векторов приоритетов проведено по направлению от нижних уровней к верхним с учетом конкретных связей между элементами, принадлежащими различным уровням, путем перемножения соответствующих векторов и матриц в соответствии с методом анализа иерархий. Результаты вычислений представлены в табл. 8.

Таблица 8

Определение наиболее аварийно опасного вида трубопровода

Вид трубопровода	Критерии					Интегральный показатель ущерба (потерь)
	экономический ущерб	экологический ущерб	прямые потери от аварий	жертвы	затраты на локализацию и ликвидацию последствий от аварий	
	0,117	0,328	0,0633	0,451	0,0408	
Нефтепровод	0,275	0,542	0,318	0,275	0,582	0,377851
Газопровод	0,513	0,0684	0,536	0,513	0,231	0,3571728
Нефтепродуктопровод	0,138	0,264	0,0917	0,138	0,121	0,17571741
Аммиакопровод	0,741	0,125	0,0547	0,0741	0,0664	0,08926043

Отношения согласованности всех элементов иерархии составляют $ОС \leq 0,1$, что позволяет сделать вывод о согласованности суждений экспертов при заполнении матриц.

Проведенные расчеты показали, что наибольшее относительное значение интегрального показателя ущерба (потерь) составляет 0,378 (табл. 8), что соответствует нефтепроводу.

Заключение

Результаты проведенного исследования показывают, что наиболее аварийно опасным видом магистральных трубопроводов является нефтепровод. Это позволяет определить приоритетные направления по усилению требований безопасности на магистральном трубопроводном транспорте, заключающиеся:

- в разработке практических рекомендаций, направленных на снижение вероятности наступления негативных последствий;
- в совершенствовании нормативно-правовой базы, направленной на повышение техногенной безопасности магистральных трубопроводов [13–16];
- в разработке и усовершенствовании технических средств тушения пожаров на магистральных трубопроводах [17, 18].

В настоящее время такая работа проводится в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

Список источников

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2021 году. М., 2022. С. 139–155.
2. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 03.07.2023).
3. Сытдыков М.Р., Иванов А.В., Абдуллаева Ю.С. Анализ аварийности магистрального трубопроводного транспорта // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2022. С. 148–151.
4. Идрисов Р.Х., Идрисова К.Р., Кормакова Д.С. Анализ аварийности магистральных трубопроводов России // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 2. С. 44–46.
5. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта / М.В. Лисанов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7. С. 16–22.
6. Гордиенко Д.М. Пожарная безопасность особо опасных и технически сложных производственных объектов нефтегазового комплекса: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2017. 316 с.
7. Глуханов А.С., Северинец Г.Н. Определение расчетных величин пожарного риска при авариях на наружных газопроводах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022. № 2. С. 480–485. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-480-486.
8. Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Структура и алгоритм расчета пожарного риска на переходах нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 4 (12). С. 15–21.
9. Корольков А.П., Колесников Д.А. Методика аэромониторинга пожаровзрывобезопасности линейной части магистральных газопроводов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2017. № 3. С. 38–47.
10. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
11. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. М.: Юрайт, 2015. Т. 1. С. 184–185.
12. Бутырский Е.Ю., Матвеев А.В. Математическое моделирование систем и процессов. СПб.: Информационный издательский учебно-научный центр «Стратегия будущего», 2022. 733 с. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI: 10.37468/book_011222. EDN CCRIRT.

13. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: постановление Правительства Рос. Федерации от 16 февр. 2008 г. № 87 (в ред. от 27 мая 2022 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

14. СТО Газпром 2-2.3-351–2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»: стандарт организации. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

15. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах / Ю.А. Дадонов [и др.]. 2-е изд., испр. М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. Сер. 27. Вып. 1.

16. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. М.: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность» Госгортехнадзора России, 2002. 118 с.

17. Сытдыков М.Р., Иванов А.В. Оценка эффективности технических средств порошкового пожаротушения методом экспертной оценки // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 4. С. 13–19.

18. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Иванов А.В. Оценка способов вытеснения огнетушащих веществ из средств пожаротушения, предназначенных для тушения углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 154–163.

References

1. Godovoj otchet o deyatelnosti Federal'noj sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2021 godu. M., 2022. S. 139–155.

2. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: <http://www.gks.ru/> (data obrashcheniya: 03.07.2023).

3. Sytdykov M.R., Ivanov A.V., Abdullaeva Yu.S. Analiz avarijnosti magistral'nogo truboprovodnogo transporta // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika – region strategicheskikh interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v Arkticheskom regione: materialy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2022. S. 148–151.

4. Idrisov R.H., Idrisova K.R., Kormakova D.S. Analiz avarijnosti magistral'nyh truboprovodov Rossii // Transport i hranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya. 2019. № 2. S. 44–46.

5. Analiz rossijskikh i zarubezhnyh dannyh po avarijnosti na ob'ektah truboprovodnogo transporta / M.V. Lisanov [i dr.] // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2010. № 7. S. 16–22.

6. Gordienko D.M. Pozharnaya bezopasnost' osobo opasnyh i tekhnicheski slozhnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2017. 316 s.

7. Gluhanov A.S., Severinec G.N. Opredelenie raschetnyh velichin pozharnogo riska pri avariayah na naruzhnyh gazoprovodah // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2022. № 2. S. 480–485. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-2-480-486.

8. Lavruhin S.A., Ivanov A.N., Polyakov A.S. Struktura i algoritm rascheta pozharnogo riska na perekhodah nefteproduktoprovodov cherez avtomobil'nye dorogi // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2009. № 4 (12). S. 15–21.

9. Korol'kov A.P., Kolesnikov D.A. Metodika aeromonitoringa pozharovzryvbezopasnosti linejnoj chasti magistral'nyh gazoprovodov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2017. № 3. S. 38–47.

10. Saati T. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. M.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.

11. Belov P.G. Upravlenie riskami, sistemnyj analiz i modelirovanie. M.: Yurajt, 2015. T. 1. S. 184–185.

12. Butyrskij E.Yu., Matveev A.V. Matematicheskoe modelirovanie sistem i processov. SPb.: Informacionnyj izdatel'skij uchebno-nauchnyj centr «Strategiya budushchego», 2022. 733 s. ISBN 978-5-4268-0064-9. DOI: 10.37468/book_011222. EDN CCRIRT.

13. O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovaniyah k ih sodержaniyu: postanovlenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 16 fevr. 2008 g. № 87 (v red. ot 27 maya 2022 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

14. STO Gazprom 2-2.3-351–2009. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska dlya opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov gazotransportnyh predpriyatij OAO «Gazprom»: standart organizacii. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».

15. Metodicheskoe rukovodstvo po ocenke stepeni riska avarij na magistral'nyh nefteprovodah / Yu.A. Dadonov [i dr.]. 2-e izd., ispr. M.: GUP «Nauchno-tehnicheskij centr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortekhnadzora Rossii», 2002. Ser. 27. Vyp. 1.

16. Metodicheskoe rukovodstvo po ocenke stepeni riska avarij na magistral'nyh nefteprovodah. M.: GUP NTC «Promyshlennaya bezopasnost'» Gosgortekhnadzora Rossii, 2002. 118 s.

17. Sytdykov M.R., Ivanov A.V. Ocenka effektivnosti tekhnicheskikh sredstv poroshkovogo pozharotusheniya metodom ekspertnoj ocenki // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 4. S. 13–19.

18. Sytdykov M.R., Kozhevnikov D.F., Ivanov A.V. Ocenka sposobov vytesneniya ognetushashchih veshchestv iz sredstv pozharotusheniya, prednaznachennyh dlya tusheniya uglevodorodov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 154–163.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 05.07.2023; одобрена после рецензирования: 25.09.2023; принята к публикации: 29.09.2023

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 05.07.2023; approved after review: 25.09.2023; accepted for publication: 29.09.2023

Сведения об авторах:

Сытдыков Максим Равильевич, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN-код: 7548-0539

Балобанов Андрей Александрович, преподаватель кафедры системного анализа и антикризисного управления Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: Andrey.balobanov.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>, SPIN-код: 3288-5595

Иванов Андрей Владимирович, преподаватель кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN-код: 9169-8325

Information about the authors:

Sytdykov Maxim R., head of the department of fire, emergency and rescue equipment and automotive economy, of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN: 7548-0539

Balobanov Andrey A., teacher of the department of system analysis and crisis management of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: Andrey.balobanov.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>, SPIN: 3288-5595

Ivanov Andrey V., lecturer at the department of fire, rescue equipment and automotive engineering, of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN: 9169-8325