

Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 50–68. ISSN 1813-503X (online)  
Oil and Gas Business. 2023. No. 2, P. 50–68. ISSN 1813-503X (online)

Научная статья

УДК 614.841.12

doi <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-50-68>

## **АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ**

**Вячеслав Сергеевич Корнеев, Сергей Геннадьевич Аксенов,  
Фанус Канзелханович Синагатуллин,  
Арсений Владимирович Пермяков**

**Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия**

**Автор, ответственный за переписку:**

**Корнеев Вячеслав Сергеевич, [v\\_korneev2023@bk.ru](mailto:v_korneev2023@bk.ru)**

**Аннотация.** Одной из актуальных проблем на нефтедобывающих предприятиях является увеличение техногенных аварий и катастроф, которые вызваны взрывами различного нефтегазового оборудования, в том числе резервуаров, хранящими взрывоопасные, токсичные нефтепродукты и сырье.

В данной статье проанализирована статистика аварий на нефтегазовых предприятиях резервуарах за 1953–2022 гг. Основная доля аварий принадлежит наземным резервуарам с хранением нефтепродуктов. Главной причиной аварий на резервуарах являются некачественные сварные швы. Рассчитан пожарный риск резервуарного парка, а именно произведена оценка индивидуального и потенциального рисков территории резервуарного парка. Произведен расчет сил и средств при тушении резервуара.

**Ключевые слова:** резервуар, взрыв, пожар, огненный шар, дерево событий, индивидуальный риск, потенциальный риск, силы и средства

**Для цитирования:** Корнеев В. С., Аксенов С. Г., Синагатуллин Ф. К., Пермяков А. В. Анализ обеспечения пожарной безопасности в резервуарном парке // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2023. № 2. С. 50–68. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-50-68>.

Original article

## **FIRE SAFETY ANALYSIS IN A TANK FARM**

**Vyacheslav S. Korneev, Sergey G. Aksenov,  
Fanus K. Sinagatullin, Arseniy V. Permyakov**

**Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia**

### **Corresponding author:**

Vyacheslav S. Korneev, [v\\_korneev2023@bk.ru](mailto:v_korneev2023@bk.ru)

**Abstract.** One of the urgent problems at oil-producing enterprises is the increase in man-made accidents and catastrophes caused by explosions of various oil and gas equipment, including tanks storing explosive, toxic petroleum products and raw materials.

This article analyzes the accident statistics at oil and gas enterprises for the period 1953–2022. The main share of accidents belongs to ground tanks with storage of petroleum products. The main cause of accidents on tanks are poor-quality welds. The fire risk of the tank farm has been calculated, namely, an assessment of the individual and potential risk of the tank farm territory has been made. The calculation of forces and means for tank extinguishing has been carried out.

**Keywords:** tanks, explosion, fire, fireball, event tree, individual risk, potential risk, forces and means

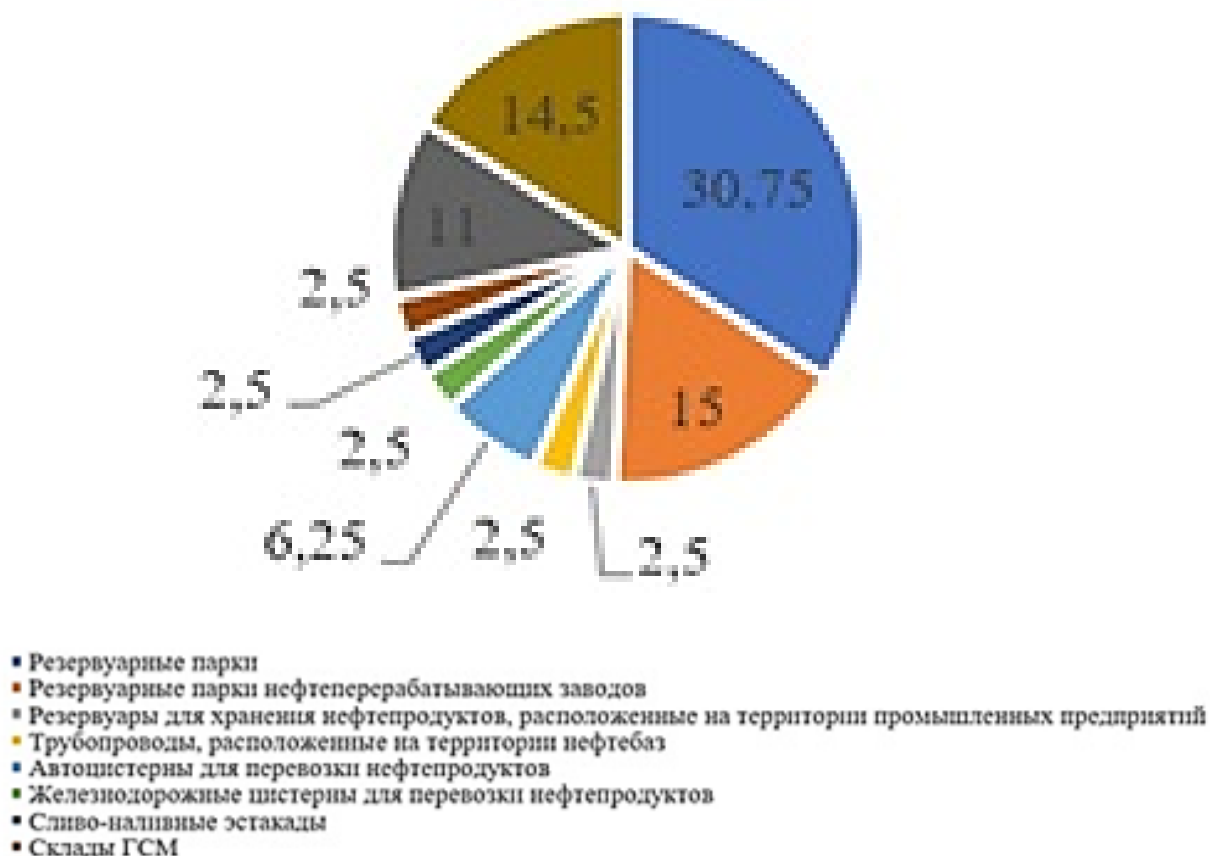
**For citation:** Korneev V. S., Aksenov S. G., Sinagatullin F. K., Permyakov A. V. Analiz obespecheniya pozharnoi bezopasnosti v rezervuarnom parke [Fire Safety Analysis in a Tank Farm]. *Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo» – Network Journal «Oil and Gas Business»*, 2023, No. 2, pp. 50–68 [in Russian]. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-50-68>.

На сегодняшний день Российская Федерация обладает немалыми ресурсами углеводородов и занимает место в двадцатке крупнейших нефтедобывающих стран мира, а также имеет значительные мощности для переработки сырой нефти в готовую продукцию. Одной из актуальных проблем нефтедобывающих предприятий является увеличение техногенных аварий и катастроф, которые вызваны взрывами различного нефтегазового оборудования, в том числе резервуаров, хранящих взрывоопасные, токсичные нефтепродукты и сырье.

Анализ аварий на резервуарах был произведен на основе литературных данных, сводок Ростехнадзора, а также докладов «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

Сведения показали, что за период исследования 1953–2022 гг. в Российской Федерации произошло немалое количество случаев аварийных ситуаций с пожарами и взрывами на объектах нефтеперерабатывающей промышленности, которые привели к человеческим жертвам, а также к крупному материальному и экологическому ущербу.

Распределение пожаров по месту возникновения приведено на рисунке 1 [1–3].

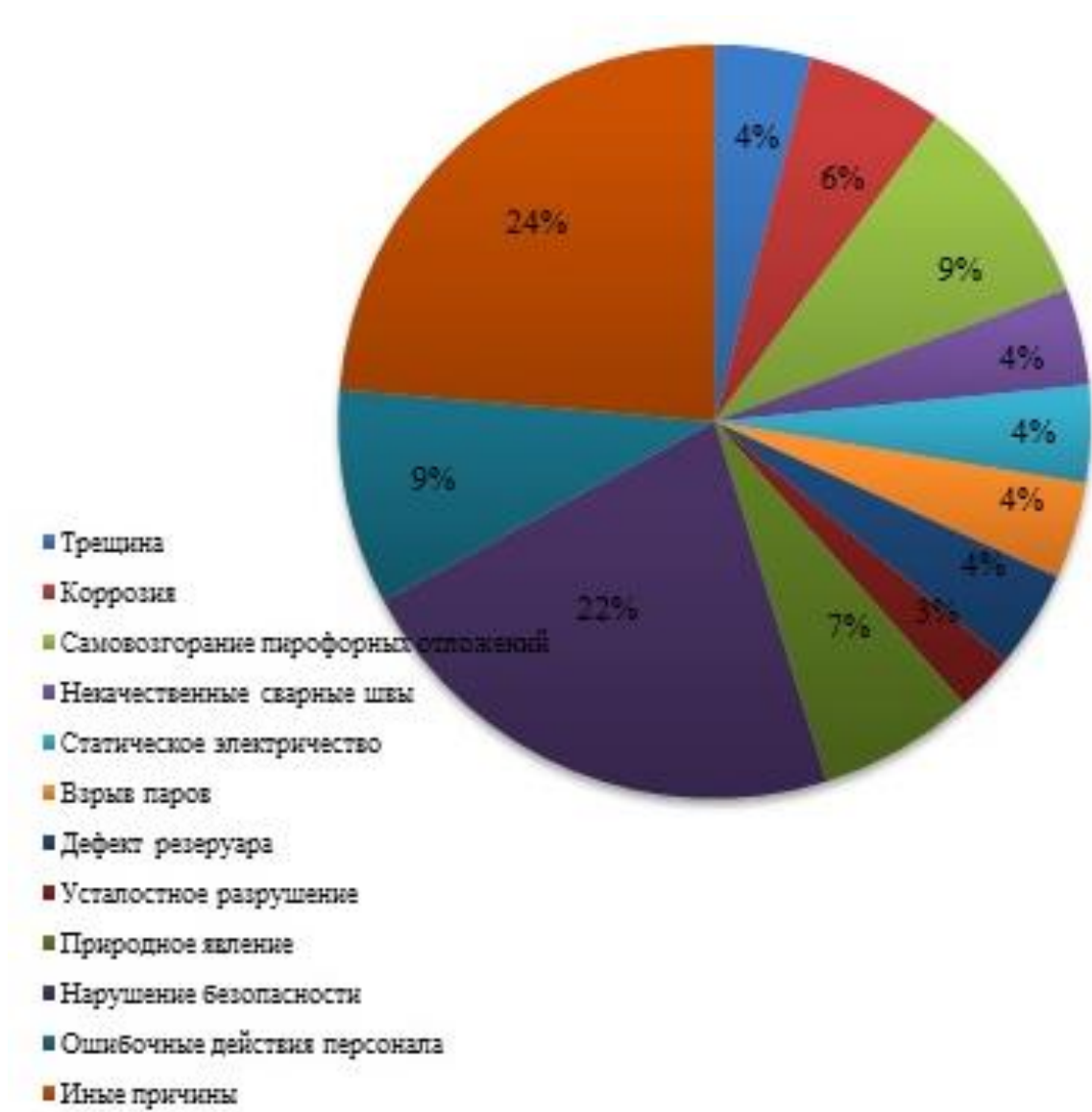


**Рисунок 1.** Распределение пожаров по месту возникновения, %

**Figure 1.** Fire distribution by place of occurrence, %

Из анализа рисунка 1 видно, что основная доля пожаров происходит на резервуарных парках. На наземных вертикальных стальных резервуарах (РВС) с хранением нефтепродуктов происходит 94 % пожаров и аварий из их общего числа. По характеру хранимых нефтепродуктов эти пожары распределяются следующим образом: 33 % – на резервуарах с сырой нефтью; 54 % – на резервуарах с бензином; 14 % – на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин, дизельное топливо, масло и др.). Пожары происходят, в основном, на действующих стальных вертикальных резервуарах, из них в 81,5 % пожар возникал в резервуарах с бензином и сырой нефтью [3, 4].

На рисунке 2 представлено процентное содержание причин аварий на резервуарах с 1953–2022 гг. [1–7].



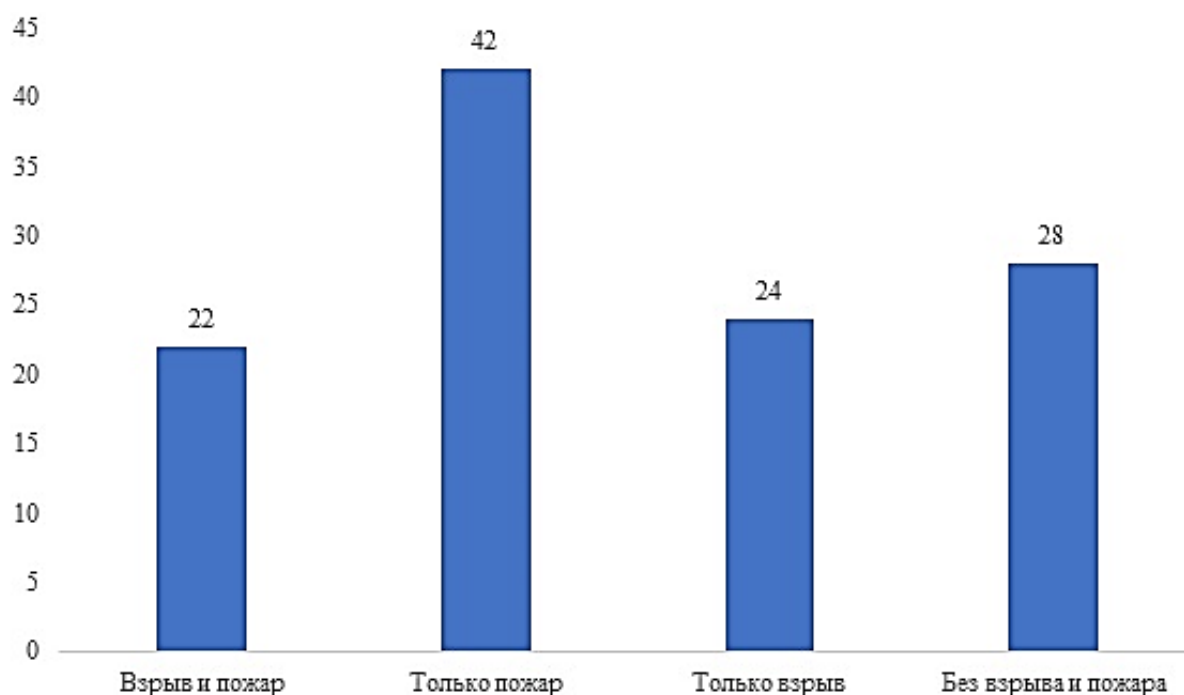
**Рисунок 2.** Причины аварий на резервуарах за период 1953–2022 гг.

**Figure 2.** Causes of tank accidents for the period 1953-2022

Из анализа рисунка 2 видно, что к основным причинам аварий на резервуарах относятся: трещины (концентраторы напряжений, перепады

температуры), коррозия металла, самовозгорание пирофорных отложений, некачественные сварные швы, статическое электричество, взрыв паров, дефекты резервуара, усталостное разрушение, природные явления, нарушение безопасности, ошибочные действия персонала и др.

На рисунке 3 представлена статистика аварий по масштабам их развития.

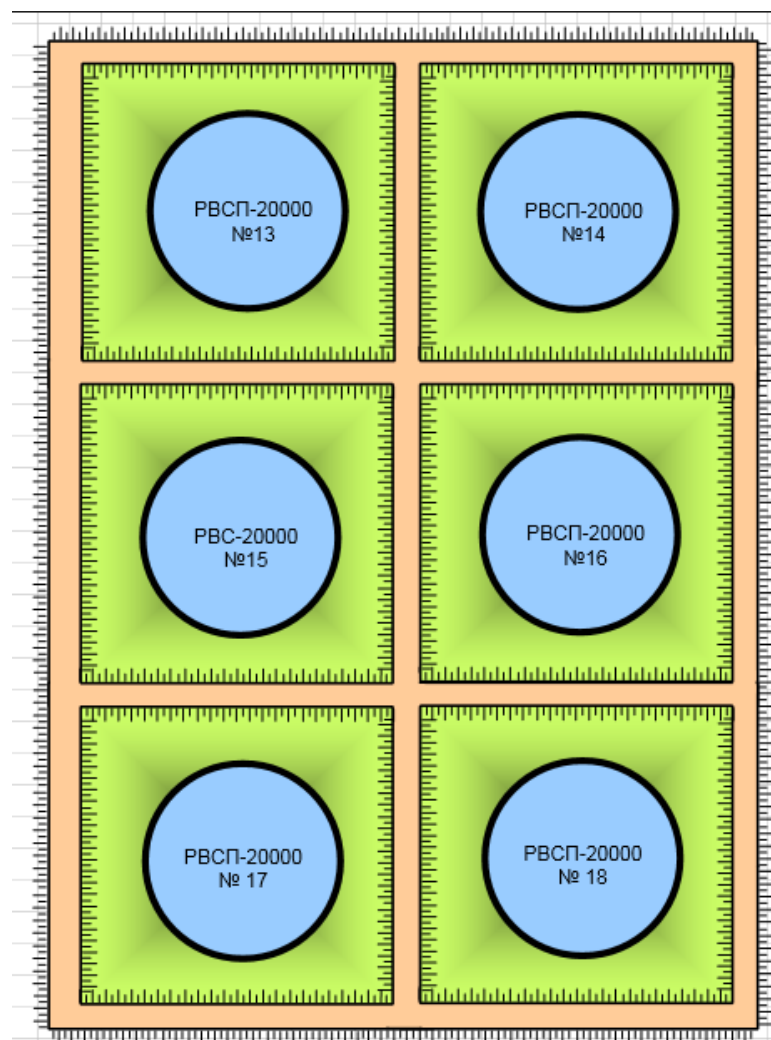


**Рисунок 3.** Масштабы развития аварий на резервуарах за период 1953–2022 гг.

**Figure 3.** The scale of development of accidents at tanks for the period 1953–2022

Из анализа рисунка 3 видно, что значительное количество аварий сопровождались взрывом и пожаром, и только малая часть – без значительных последствий на персонал и окружающую среду.

В качестве объекта исследования был выбран резервуарный парк хранения сырой нефти (рисунок 4). В качестве расчетного сценария был выбран резервуар № 17 с хранением сырой нефти объемом 20000 м<sup>3</sup>.



**Рисунок 4.** Расположение резервуаров

**Figure 4.** Location of tanks

Анализ пожарного риска производился согласно методике, описанной в [8].

В качестве расчетных величин пожарного риска определены индивидуальный и потенциальный риски территории резервуарного парка.

Анализ условий развития аварийных ситуаций производился на основе анализа «дерева событий» [9, 10, 11].

Требуемый расход на наружное пожаротушение определялся на основе [11, 12, 14].

В таблице 1 представлены исходные данные для расчетов.

**Таблица 1.** Исходные данные

**Table 1.** Initial data

Параметр	Величина
Объем	20000 м <sup>3</sup>
Степень заполнения	90 %
Плотность нефти	868 кг/м <sup>3</sup>
Площадь обвалования	7569 м <sup>2</sup>

### Результаты исследования и их обсуждение

Распределение опасного вещества представлено в таблице 2.

**Таблица 2.** Распределение опасного вещества

**Table 2.** Hazardous substance distribution

Наименование объекта	Объем жидкости, поступившей в окружающую среду, м <sup>3</sup>	Масса опасного вещества, т	Площадь пролития*, м <sup>2</sup>
Резервуар с нефтью	18000	15624	7569
Примечание: * – площадь пролития равна площади обвалования.			



Расчет вероятности возникновения аварий выполнен с использованием методики [8] и анализа «дерева событий» [9, 10], который используется для анализа условий развития аварийных ситуаций.

На рисунке 5 представлено «дерево событий» при разгерметизации резервуара с нефтью.

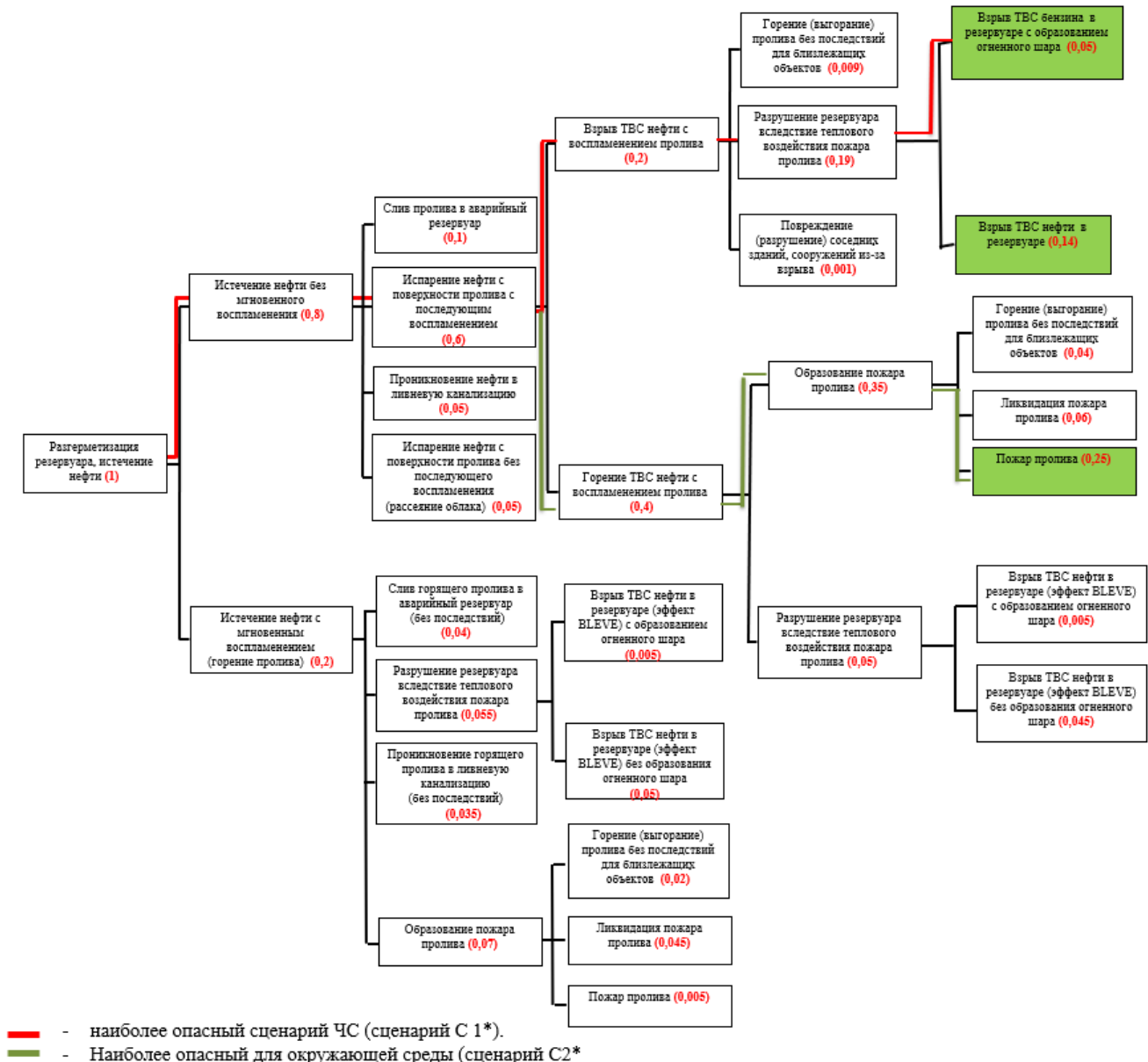


Рисунок 5. «Дерево событий» при разгерметизации резервуара с нефтью

Figure 5. «Event tree» during oil tank depressurization

В таблице 3 представлены вероятности реализации наиболее опасных сценариев.

**Таблица 3.** Результаты вероятности реализации аварий при разгерметизации резервуара

**Table 3.** Results of accident probability in case of tank depressurization

Наименование сценария	Вероятность
Пожар пролива	$7,5 \cdot 10^{-8}$
Огненный шар	$1,5 \cdot 10^{-8}$
Взрыв	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Примечание: частота разгерметизации резервуара принята, согласно [8], $3 \cdot 10^{-7}$ .	

Условная вероятность поражения человека при реализации рассматриваемых сценариев определялась на расстоянии 50 м от резервуара.

Максимальные размеры взрывоопасных зон определялись по формулам (ПЗ.34), (ПЗ.35) согласно [8].

Результаты расчета представлены в таблице 4.

**Таблица 4.** Размеры взрывоопасных зон при разгерметизации надземного резервуара с бензином

**Table 4.** Explosive zone dimensions in case of depressurization of an aboveground tank with gasoline

Параметр	$\rho_{\text{П}}$ , кг/м <sup>3</sup>	R <sub>нкпр</sub> , м	Z <sub>нкпр</sub> , м
Величина	12,38	514,32	17,14

Результаты расчета индивидуального и потенциального риска при разгерметизации резервуара приведены в таблице 5.

**Таблица 5.** Результаты расчета индивидуального и потенциального рисков при разгерметизации резервуара

**Table 5.** Calculation results of individual and potential risks in case of tank depressurization

Параметр	Величина
Условная вероятность поражения человека	1
Вероятность присутствия человека в радиусе 50 м от резервуара	0,05
Потенциальный риск, год <sup>-1</sup>	$1,32 \cdot 10^{-7}$
Индивидуальный риск, год <sup>-1</sup>	$6,58 \cdot 10^{-9}$

Таким образом, расчетный индивидуальный риск не превышает нормативного значения для объекта РВС ( $1 \cdot 10^{-6}$  год<sup>-1</sup>) [13]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что пожарная безопасность исследуемого объекта считается обеспеченной.

При пожаре резервуара существует вероятность возгорания рядом расположенных резервуаров, в связи с чем необходимы мероприятия по их защите от воздействия пожара.

При тушении пожара передвижной пожарной техникой по площади сечения рассматриваемого резервуара приняты следующие допущения: пострадавшие в результате расчетного пожара отсутствуют; система автоматического пожаротушения находится в неработоспособном состоянии; система водяного охлаждения горящего резервуара и рядом стоящих находится в исправном состоянии; при расчете учитывается, что в начальной стадии пожара трубопроводы и пеногенераторы автоматических установок пожаротушения не пострадали.

Требуемый расход воды на охлаждение горящего резервуара № 17 и охлаждения соседних резервуаров, а также расчет сил и средств определены согласно [11, 12, 14].

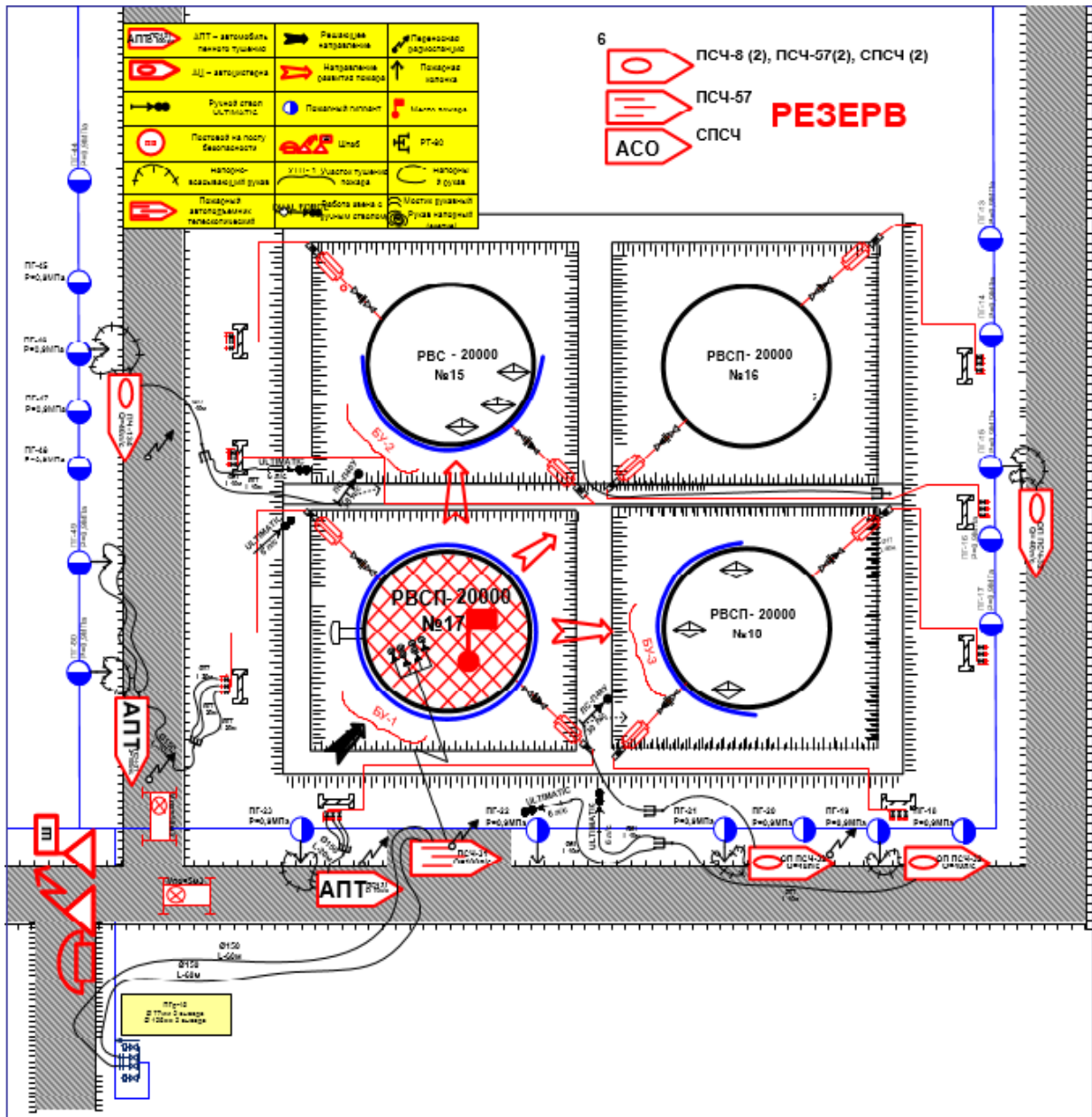
В таблице 6 приведены результаты расчета сил и средств для тушения РВС.

**Таблица 6.** Результаты расчета сил и средств для тушения вертикального стального резервуара

**Table 6.** Results of calculation of forces and means for vertical steel tank extinguishing

Параметр	Значение
Прогноз развития пожара (площадь пожара, фронт пожара, линейная скорость распространения, площадь тушения, объем тушения и т.п.)	Авария в резервуаре РВСП-17, взрыв паров в резервуаре, разрыв крыши резервуара; горение нефти внутри резервуара без деформации резервуара. Площадь пожара составит $S \approx 1249 \text{ м}^2$ .
Требуемый расход огнетушащих средств	428,25 л/с
Количество приборов подачи огнетушащих веществ	ЛС-П40У – 2 шт., ВПГ-20 – 4 шт., КНП-5 – 6 шт., Ultimatic – 3 шт.
Необходимый запас огнетушащих веществ	$\text{H}_2\text{O} - 3631,6 \text{ м}^3$ , ПО – $10,6 \text{ м}^3$
Количество пожарных машин, основных / специальных	7 шт.
Предельное расстояние для подачи воды	80 м
Численность личного состава	21 чел./шт.

На рисунке 6 представлена расстановка сил и средств при тушении пожара на РВС № 17.



**Рисунок 6.** Расстановка сил средств от передвижной пожарной техники подслонным способом

**Figure 6.** Distribution of forces of funds from mobile fire equipment in a sublayer way

При возникновении пожара, для его успешной ликвидации, персоналу при пожаре необходимо:

- сообщить о возникновении загорания по телефону «01» в пожарную охрану;
- организовать эвакуацию людей из зоны пожара, принять меры по обесточиванию;
- принять меры по тушению пожара первичными средствами пожаротушения, включая орошение, а также организовать встречу прибывающих подразделений пожарной части.

Таким образом, для тушения возможного пожара на резервуарном парке необходимо привлечь 7 единиц пожарных машин.

### **Выводы**

Анализ аварий, возникающих на резервуарах, показал, что на наземных резервуарах с хранением нефтепродуктов происходит 94 % пожаров и аварий из их общего числа. По характеру хранимых нефтепродуктов эти пожары распределяются следующим образом: 33 % – на резервуарах с сырой нефтью; 54 % – на резервуарах с бензином; 14 % – на резервуарах с другими видами нефтепродуктов (мазут, керосин, дизельное топливо, масло и др.). Основная доля масштабов приходится только на пожары.

Анализ полученных результатов показывает, что индивидуальный риск объекта в результате воздействия рассматриваемых опасных факторов аварии не превышает нормативное значение ( $1 \cdot 10^{-6}$ ) [2]. Следовательно, можно сделать вывод о том, что пожарная безопасность исследуемого объекта считается обеспеченной.

При реализации рассматриваемых аварий существует вероятность повреждений и разрушения соседних зданий и сооружений и поражения персонала вплоть до их гибели. Для рассматриваемого резервуара была рассчитана расстановка сил средств от передвижной пожарной техники подслонным способом, а также был определен требуемый расход воды на тушение. Требуемый расход огнетушащих средств составил 428,25 л/с.

Защиту людей от теплового воздействия можно осуществить с помощью водяных завес. Водяные завесы должны устанавливаться перед защищаемыми людьми и оборудованием на расстоянии не ближе 1,5 м от фронта пламени. Они создаются с помощью пожарных роботизированных стволов и переносных лафетных стволов, оборудованных насадками-распылителями турбинного и щелевого типов. Завесы снижают плотность теплового потока в 3 раза и создаются при помощи турбинных и щелевых распылителей.

### Список источников

1. Анализ аварий в нефтегазовой отрасли // Минэнерго России. URL: <https://minenergo.gov.ru/> (дата обращения: 17.03.2023).
2. Вагапова М.Н., Заика К.А. Исследование аварий резервуарного парка на нефтеперерабатывающих предприятий (2015-2019) // Безопасность городской среды: матер. VII Международ. науч.-практ. конф. Омск: ОмГТУ, 2020. С. 8-13. EDN: ELHJBQ.
3. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного в 2020 году». М.: МЧС России, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.
4. Уроки, извлеченные из аварий 2016 г. // Ростехнадзор. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2016%20год/> (дата обращения: 17.03.2023).
5. Гималетдинова А.Р. Анализ пожарной безопасности в резервуарах для хранения углеводородов // Сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции «Наука в XXI веке: инновационный потенциал развития». Уфа: НИЦ «Вестник науки», 2022. С. 37-41. EDN: OROVRJ.
6. Аксенов С.Г., Салихов Р.М., Сайтова К.А. Анализ пожаров на объектах нефтяной промышленности на примере Республики Башкортостан // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 11-2 (74). С. 78-82. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-2-78-82. EDN: UKNTCS.
7. Аксенов С.Г., Вильданов И.А. К вопросу обеспечения пожарной безопасности на нефтяных объектах в Российской Федерации // Современные материалы, техника и технология: матер. Международ. науч.-практ. конф. Курск: Университетская книга, 2022. С. 55-88.

8. Приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (с посл. изм. и доп. от 14.12.2010) // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/196118/> (дата обращения: 17.03.2023).

9. ГОСТ 54142-2010. Руководство по применению организационных мер безопасности и оценки рисков. Методология построения универсального дерева событий. М.: Стандартинформ, 2012. 39 с.

10. ГОСТ Р МЭК 62502-2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. М.: Стандартинформ, 2015. 35 с.

11. Аксенов С.Г., Харисова З.И., Ишмаева А.С., Сайтава К.А. Об алгоритмах расследования пожаров на объектах нефтяной промышленности // Закон и право. 2022. № 7. С. 132-135. DOI: 10.24412/2073-3313-2022-7-132-135. EDN: QTATMQ.

12. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: Спецтехника, 2004. 416 с.

13. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с посл. изм. и доп. от 14.07.2022) // Информационно-правовое обеспечение «Гарант». URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 17.03.2023).

14. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К. К вопросу об управлении силами и средствами на пожаре // Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020): матер. II Международ. науч.-практ. конф. Уфа: УГАТУ, 2020. С. 124-127. EDN: JZCKIW.

## References

1. Analiz avarii v neftegazovoi otrasli [Analysis of Accidents in the Oil and Gas Industry]. *Minenergo Rossii*. Available at: <https://minenergo.gov.ru/> (accessed 17.03.2023). [in Russian].

2. Vagarova M.N., Zaika K.A. Issledovanie avarii rezervuarnogo parka na neftepererabatyvayushchikh predpriyatii (2015-2019) [Study of Tank Farm Accidents at Oil Refineries (2015-2019)]. *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bezopasnost' gorodskoi sredy»* [Materials of the VII International Scientific and Practical Conference «Safety of the Urban Environment»]. Omsk, OmGTU Publ., 2020, pp. 8-13. EDN: ELHJBQ. [in Russian].

3. *Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii zashchity naseleniya i territorii Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogennogo v 2020 godu»* [State Report «On the State of Protection of the Population and Territories of the Russian Federation from



Natural and Man-Made Emergencies in 2020»]. Moscow, MChS Rossii, FGBU VNII GOChS (FTs) Publ., 2021. 264 p. [in Russian].

4. Uroki, izvlechennye iz avarii 2016 g. [Lessons Learned from the 2016 Accidents]. *Rostekhnadzor*. Available at: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/2016%20god/> (accessed 17.03.2023). [in Russian].

5. Gimaletdinova A.R. Analiz pozharnoi bezopasnosti v rezervuarakh dlya khraneniya uglevodorodov [Fire Safety Analysis in Hydrocarbon Storage Tanks]. *Sbornik nauchnykh statei po materialam IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka v KhKhI veke: innovatsionnyi potentsial razvitiya»* [Collection of Scientific Articles Based on the Materials of the IX International Scientific and Practical Conference «Science in the XXI Century: Innovative Development Potential»]. Ufa, NITs «Vestnik nauki» Publ., 2022, pp. 37-41. EDN: OROVRJ. [in Russian].

6. Aksenov S.G., Salikhov R.M., Saitova K.A. Analiz pozharov na ob"ektakh neftyanoi promyshlennosti na primere Respubliki Bashkortostan [Analysis of Fires at Oil Industry Facilities on the Example of the Republic of Bashkortostan]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk – International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2022, No. 11-2 (74), pp. 78-82. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-11-2-78-82. EDN: UKNTCS. [in Russian].

7. Aksenov S.G., Vildanov I.A. K voprosu obespecheniya pozharnoi bezopasnosti na neftnyanykh ob"ektakh v Rossiiskoi Federatsii [On the Issue of Ensuring Fire Safety at Oil Facilities in the Russian Federation]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologiya»* [Materials of the International Scientific-Practical Conference «Modern Materials, Equipment and Technology»]. Kursk, Universitetskaya kniga Publ., 2022, pp. 55-88. [in Russian].

8. *Prikaz MChS Rossii ot 10.07.2009 № 404 «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob"ektakh» (s posl. izm. i dop. ot 14.12.2010)* [Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 404 of 10.07.2009 «On Approval of the Methodology for Determining the Calculated Fire Risk Values at Production Facilities» (with the Additions and Amendments of 14.12.2010)]. Informatsionno-pravovoe obespechenie «Garant». Available at: <https://base.garant.ru/196118/> (accessed 17.03.2023). [in Russian].

9. *GOST 54142-2010. Rukovodstvo po primeneniyu organizatsionnykh mer bezopasnosti i otsenki riskov. Metodologiya postroeniya universal'nogo dereva sobytii* [State Standard 54142-2010. Guidance on the Application of Organizational Security Measures and Risk

Assessment. Methodology for Building a Universal Event Tree]. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 39 p. [in Russian].

10. *GOST R MEK 62502-2014. Menedzhment riska. Analiz dereva sobytii* [State Standard R MEK 62502-2014. Risk Management. Event Tree Analysis]. Moscow, Standartinform Publ., 2015. 35 p. [in Russian].

11. Aksenov S.G., Kharisova Z.I., Ishmaeva A.S., Saitava K.A. Ob algoritmakh rassledovaniya pozharov na ob"ektakh neftyanoi promyshlennosti [Fire Investigation Algorithms at Oil Industry Facilities]. *Zakon i pravo – Law and Legislation*, 2022, No. 7, pp. 132-135. DOI: 10.24412/2073-3313-2022-7-132-135. EDN: QTATMQ. [in Russian].

12. Povzik Ya.S. *Pozharnaya taktika* [Fire Tactics]. Moscow, Spetstekhnika Publ., 2004. 416 p. [in Russian].

13. *Federal'nyi zakon ot 22.07.2008 № 123-FZ «Tekhnicheskii reglament o trebovaniyakh pozharnoi bezopasnosti» (s posl. izm. i dop. ot 14.07.2022)* [Federal Law No. 123-FZ of 22.07.2008 «Technical Regulations on Fire Safety Requirements» (with the Additions and Amendments of 14.07.2022)]. Informatsionno-pravovoe obespechenie «Garant». Available at: <https://base.garant.ru/12161584/> (accessed 17.03.2023). [in Russian].

14. Aksenov S.G., Sinagatullin F.K. K voprosu ob upravlenii silami i sredstvami na pozhare [To the Question of the Management of Forces and Means in a Fire]. *Material II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Problemy obespecheniya bezopasnosti (Bezopasnost' 2020)»* [Material of the II International Scientific and Practical Conference «Problems of Ensuring Security (Security 2020)»]. Ufa, UGATU Publ., 2020, pp. 124-127. EDN: JZCKIW. [in Russian].

### **Информация об авторах**

#### **Information about the authors**

**Корнеев Вячеслав Сергеевич**, магистрант кафедры пожарной безопасности, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**Vyacheslav S. Korneev**, Undergraduate Student of Fire Safety Department, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

v\_korneev2023@bk.ru

**Аксенов Сергей Геннадьевич**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой пожарной безопасности, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**Sergei G. Aksenov**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Fire Safety Department, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia  
[kafedra\\_pb@mail.ru](mailto:kafedra_pb@mail.ru)

**Синагатуллин Фанус Канзелханович**, старший преподаватель кафедры пожарной безопасности, Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

**Fanus K. Sinagatullin**, Senior Lecturer of the Department of Fire Safety, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia  
[sinagat65@mail.ru](mailto:sinagat65@mail.ru)

**Пермяков Арсений Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», Уфимский государственный нефтяной университет, Уфа, Россия

**Arseniy V. Permyakov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Fire and Industrial Safety Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia  
[senya2512@yandex.ru](mailto:senya2512@yandex.ru)

*Статья поступила в редакцию 14.02.2023; одобрена после рецензирования 27.02.2023; принята к публикации 15.03.2023.*

*The article was submitted 14.02.2023; approved after reviewing 27.02.2023; accepted for publication 15.03.2023.*