

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Научная статья

УДК 614.845.1; DOI: 10.61260/2307-7476-2024-4-22-30

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ПОЖАРАХ НА МОРСКИХ И РЕЧНЫХ КОНТЕЙНЕРОВОЗАХ

✉ Кожевин Дмитрий Федорович;

Естехин Виталий Геннадьевич;

Блюденев Даниил Игоревич;

Береза Екатерина Евгеньевна.

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

✉ kozhevin_df@igps.ru

Аннотация. Проведён анализ мировых статистических данных о пожарах на контейнеровозах. Основное внимание авторы уделяют проблемам возникновения пожаров и их ликвидации. Результаты анализа свидетельствуют о низкой эффективности судовых систем пожаротушения на контейнеровозах. Пожары, как правило, происходят в закрытых контейнерах, и сочетание длительного развития возгорания с низкой эффективностью использования первичных средств пожаротушения зачастую приводит к разрушению судна и гибели людей. Авторы акцентируют внимание на необходимости совершенствования систем обнаружения и тушения пожаров на контейнеровозах, а также продолжения исследований в этой области.

Ключевые слова: пожары на контейнеровозах, пожары в море, погибшие при пожарах на транспорте

Для цитирования: Кожевин Д.Ф., Естехин В.Г., Блюденев Д.И., Береза Е.Е. Анализ статистических данных о пожарах на морских и речных контейнеровозах // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2024. № 4 (52). С. 22–30. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-4-22-30.

Scientific article

ANALYSIS OF STATISTICAL DATA ABOUT FIRES ON SEA AND RIVER CONTAINER SHIPS

✉ Kozhevin Dmitry F.;

Estekhin Vitaly G.;

Bludenov Daniil I.;

Bereza Ekaterina E.

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

✉ kozhevin_df@igps.ru

Abstract. The article analyzes the world statistical data on container ship fires. The authors pay special attention to the problems of the occurrence of fires and their elimination. The results of the analysis indicate the low efficiency of marine fire extinguishing systems on container ships. Fires, as a rule, occur in closed containers, and the combination of prolonged development of ignition with low efficiency of using primary fire extinguishing means often leads to the destruction of the vessel and the death of people. The authors emphasize the need to improve fire detection and extinguishing systems on container ships, as well as to continue research in this area.

Keywords: fires on container ships, fires at sea, deaths in fires on transport

For citation: Kozhevin D.F., Estekhin V.G., Bludenov D.I., Bereza E.E. Analysis of statistical data about fires on sea and river container ships // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2024. № 4 (52). P. 22–30. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-4-22-30.

Введение

Последние 15 лет наблюдается увеличение численности мирового флота приблизительно на 40 %, при этом количество потерь судов в связи с пожарами за тот же период возросло более чем в два раза. Сбор статистических данных о пожарах на водных объектах представляет определённые трудности. Это связано с отсутствием единого органа, ответственного за регистрацию подобных происшествий, а также с различной ведомственной принадлежностью таких объектов. Так, морские буровые платформы обычно относятся к ведению министерств, отвечающих за добычу нефти и газа, тогда как суда подчиняются различным подразделениям министерства транспорта, курирующим морской и речной флот. На текущий момент координация действий между различными ведомствами по вопросам обеспечения безопасности, включая пожарную безопасность, на водных объектах остаётся нерешённой задачей [1].

Основная часть

Анализ мировой статистики за период 2018–2022 гг. [2] позволил сделать вывод, что Российская Федерация занимает третье место по числу пожаров на объектах транспорта после США и Франции, что показано на рис. 1.

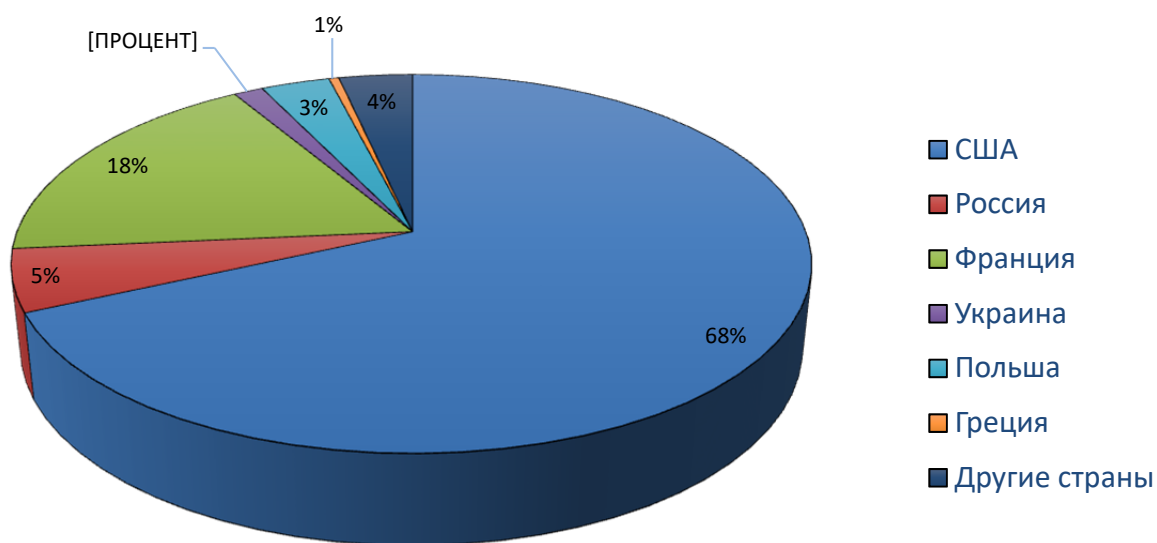


Рис. 1. Процентное соотношение пожаров на объектах транспорта за период 2018–2022 гг.

Также Российская Федерация занимает второе место после США в мировом сообществе по числу пожаров на транспорте с летальным исходом [2]. Со средним числом жертв за период 2019–2022 гг. – 110 чел., что составляет 13 % от общего количества жертв во всем мире за этот период, что также показано на рис. 2.

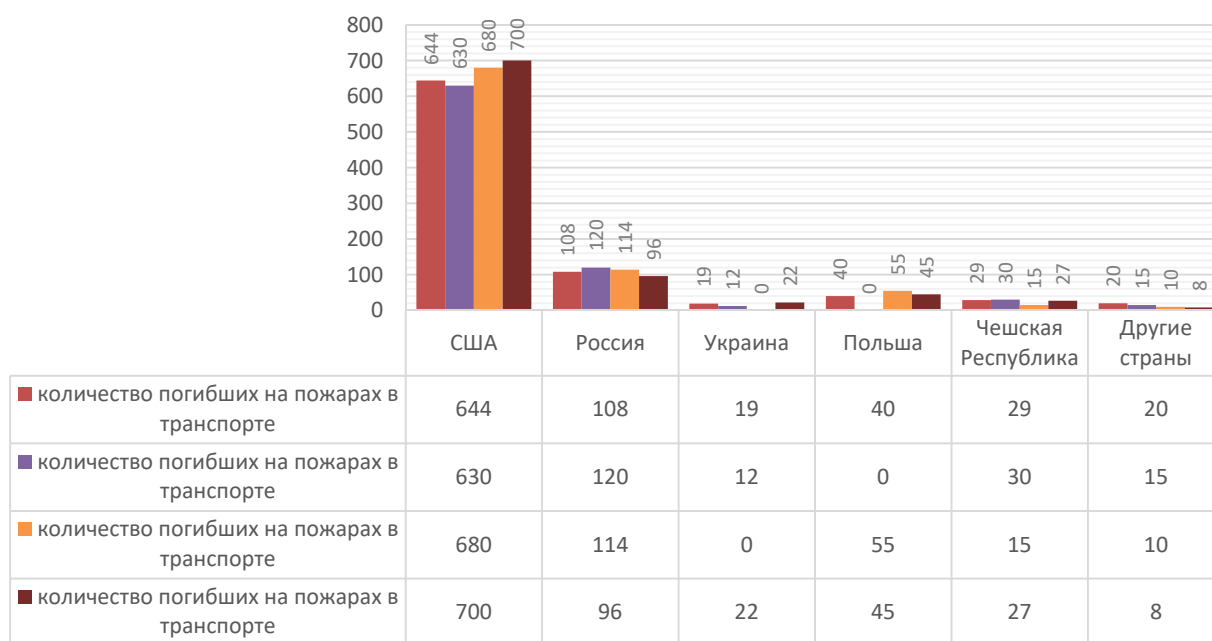


Рис. 2. Количество погибших при пожарах на транспорте за период 2019–2022 гг.

Исследование вероятности погибших на пожарах на транспорте за период 2018–2022 гг. позволило провести анализ с использованием статистических данных. В результате расчетов было установлено, что общее количество погибших на пожарах на транспорте за указанный период составило 2 654 чел. При этом общее количество пожаров на транспорте за тот же период составило 1 076 500 случаев.

В представленную статистику включены не только морские и речные суда, но также автомобильный транспорт, авиация, железнодорожный транспорт и другие виды перевозок.

Особое место среди морских и речных судов занимают контейнеровозы, что связано с их высокой пожарной опасностью. За последнее десятилетие объем морских контейнерных перевозок удвоился. При этом 10–12 % контейнеров содержат грузы, подпадающие под действие Международного кодекса морской перевозки опасных грузов (IMDG¹). Однако, несмотря на требования Международной морской организации (ИМО²) о декларировании содержимого контейнеров, грузоотправители нередко игнорируют эти обязательства.

Рост числа и тяжести пожаров на контейнеровозах объясняется увеличением размеров судов и недостаточной эффективностью систем обнаружения и тушения пожаров, не успевающих за изменяющимися техническими требованиями. Пожары и взрывы на контейнеровозах являются причиной трети всех смертельных случаев на этих судах и занимают второе место по величине затрат среди всех видов аварий. Из статистических данных установлено [3], что возгорания чаще всего происходят в грузовых отсеках и на палубе, реже – в грузовых трюмах (рис. 3).

¹ IMDG (The International Maritime Dangerous Goods) – международный кодекс морской перевозки опасных грузов.

² IMO (International Maritime Organization) – международная межправительственная организация, является специализированным учреждением ООН, служит площадкой для сотрудничества и обмена информацией по техническим вопросам, связанным с международным торговым судоходством.



Рис. 3. Места возникновения пожаров на морских судах за период 2010–2020 гг.

Для оценки вероятности возникновения пожара на контейнеровозах необходимо учитывать площадь контейнеров, расположенных на палубе. Контейнеровозы классифицируются по вместимости в условных единицах измерения вместимости грузовых транспортных средств (TEU), и для судна класса «Panamax» при 50 % контейнеров на палубе общая площадь может составить от 29 720 м² до 52 010 м². Эти значения сильно превышают нормативы для складских помещений, согласно СП 2.13130.2021³, где максимальная площадь пожарного отсека для категории А и Б составляет до 5 200–7 800 м², а для категории В – до 10 400 м². Это подтверждает высокую пожарную опасность контейнеровозов.

В большинстве случаев для ликвидации пожаров требовалось привлечение внешней помощи, включая буксиры, пожарные суда и авиацию. Несмотря на эти меры, значительных повреждений, охватывающих от 10 до 100 контейнеров, а также конструктивных элементов судна, избежать не удавалось. В 17 % случаев справиться с возгоранием удалось исключительно с использованием стационарной системы пожаротушения, и лишь в 7 % случаев пожар удавалось ликвидировать при помощи первичных средств пожаротушения. Более половины инцидентов сопровождалось тяжелыми травмами или гибелью членов экипажа (рис. 4).

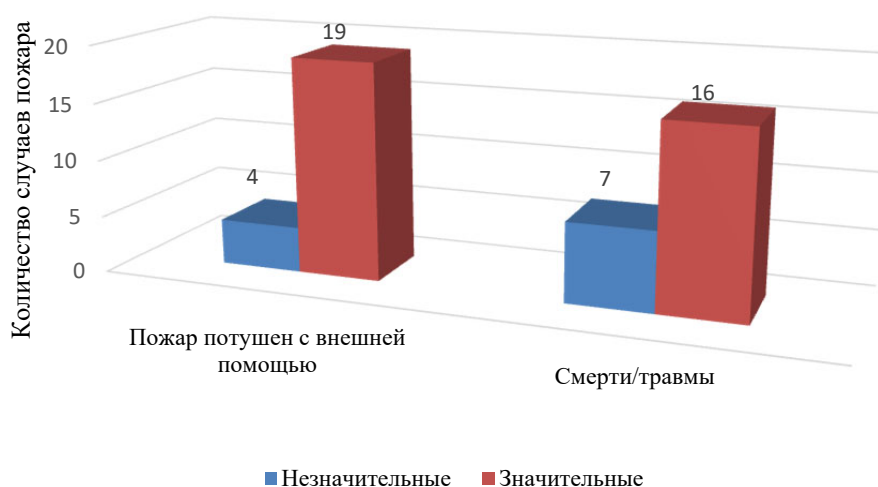


Рис. 4. Эффективность операций по тушению пожаров в соответствии с отчетами о расследованиях за период 2010–2020 гг. [3]

³ СП 2.13130.2021. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

На повестке заседания Gard⁴ [4] был поднят вопрос о соответствии современных требований пожарной безопасности на морских судах.

На данном заседании освещалась проблема того, что количество грузов и, соответственно, судов, их перевозящих, стремительно растет, как и количество пожаров на них. Вопрос заключается в оборудовании современных контейнеровозов эффективными средствами обнаружения и тушения пожаров и совершенствовании нормативных документов, регламентирующих оснащение судовых систем пожаротушения на контейнеровозах.

Согласно требованиям SOLAS⁵ обнаружение пожара на контейнеровозах в основном основано на обнаружении дыма, а не температуры, что способствует позднему обнаружению очага пожара. Обнаружение пожара по изменению температуры более эффективно, так как сразу фиксируется изменение температуры в инфракрасном спектре. Обнаружение дыма в нынешних условиях основывается на рассеивании потока света при прохождении его через дым и попадании на приемник. Но когда продуктов горения станет достаточно, чтобы перекрыть световой поток, площадь пожара приравнивается к площади контейнера, поскольку время свободного развития достаточно, чтоб фронт пожара достиг стенок этого контейнера. Единственный выход в данной ситуации – это объёмное тушение, которое есть на борту. Однако Gard отметил, что объёмное тушение в грузовом отсеке недостаточно эффективно для тушения пожара внутри контейнера. Инертный газ, такой как диоксид углерода (CO₂), обладает рядом ограничений, которые влияют на эффективность пожаротушения, а именно:

1. Недостаточная эффективность при тушении пожаров на значительной глубине внутри контейнеров, особенно при возгорании грузов, склонных к длительному тлению (например, литий-ионные батареи, хлопок в тюках). Такие грузы могут повторно воспламеняться при поступлении кислорода после локализации пожара.

2. Ограниченное охлаждающее действие CO₂, который тушит огонь за счет снижения концентрации кислорода, так как он тяжелее воздуха. Это создает риск повторного воспламенения при возвращении кислорода в зону пожара.

3. Низкая эффективность при размещении горящего контейнера на верхних ярусах около крышек люков, где постоянный приток свежего воздуха препятствует огнетушащему воздействию CO₂.

Ручные стволы, работающие от пожарных кранов и используемые экипажем, также малоэффективны из-за высокой и глубокой загрузки контейнеров, что затрудняет доступ к дальним контейнерам, но даже при возможности достижения компактных струй воды ручные стволы способны охладить лишь стенки контейнеров, не воздействуя непосредственно на очаг пожара.

Действующие требования SOLAS предъявляют одинаковые стандарты пожаротушения для контейнеровозов и других типов судов. Однако, если для большинства судов эти требования являются эффективными и актуальными, то для контейнеровозов они не учитывают их специфические особенности и оказываются менее эффективными.

Примеры реальных инцидентов

Так, например, контейнеровоз «X-Press Pearl» перевозил 1 486 контейнеров, включая 25 т азотной кислоты, которая была плохо упакована и стала причиной пожара [5]. 19 мая начался пожар, который долго не могли потушить имеющимися средствами пожаротушения, а 25 мая на судне произошёл взрыв, в результате чего контейнеровоз был признан не подлежащим восстановлению (рис. 5).

⁴ Конференция Gard – это ежегодное мероприятие, которое проводится с целью понимания причин пожаров на морских объектах и разработки мер по снижению рисков.

⁵ SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea) – это международное соглашение по безопасности торговых судов, главная цель которого – установление минимальных стандартов, отвечающих требованиям по безопасности при постройке, оборудовании и эксплуатации судов



Рис. 5. Контейнеровоз «X-Press Pearl»

Также 19 июля 2024 г. на контейнеровозе «Maersk Frankfurt» произошёл пожар [6]. По информации местных СМИ, пожар, вызванный коротким замыканием, привёл к взрывам и гибели члена экипажа. Команда судна не могла ликвидировать пожар судовыми средствами пожаротушения в течение суток, пока не прибыли пожарные суда военно-морского флота (рис. 6).



Рис. 6. Контейнеровоз «Maersk Frankfurt»

Анализ эффективности оснащения судов первичными средствами пожаротушения

В научной работе [7] проведён анализ нормативных требований к первичным средствам пожаротушения, размещаемым на судах различных стран мира. В нем опубликовано заключение о том, что количество пожаров на судах, оснащаемых системами пожаротушения в соответствии с Российским законодательством гораздо ниже, чем в других странах, оснащаемых системами пожаротушения по стандартам SOLAS, но при этом количество погибших при пожарах на судах в Российской Федерации держится неизменно

на высоком уровне, соответственно, для повышения уровня пожарной безопасности на объектах водного транспорта необходима разработка методики оснащения судов средствами пожаротушения.

Также в научной работе публикуется эффективность методики оснащения судов первичными средствами пожаротушения на примере следующих нормативных документов:

- **SOLAS** показывает значения эффективности по трем критериям: вероятность доставки огнетушащего вещества ($P_{\text{дост}} = 0,57$), потенциальная эффективность огнетушащего вещества ($P_{\text{треб ОТВ}} = 0,78$) и итоговая эффективность методики оснащения ($P_{\text{осн}} = 0,44$).

- **PMPC (Российский морской регистр судоходства)** демонстрирует высокие показатели, превышающие требования SOLAS: $P_{\text{дост}} = 0,86$; $P_{\text{треб ОТВ}} = 1,73$; $P_{\text{осн}} = 1,49$. Это подтверждает более строгие требования российских нормативных документов, которые обеспечивают более эффективное применения первичных средств пожаротушения на объекте.

- **PKO (Российское классификационное общество)** имеет более низкие показатели относительно PMPC: $P_{\text{дост}} = 0,64$; $P_{\text{треб ОТВ}} = 0,48$; $P_{\text{осн}} = 0,31$. Это отражает более лояльные требования для внутренних и смешанных судов (рис. 7).

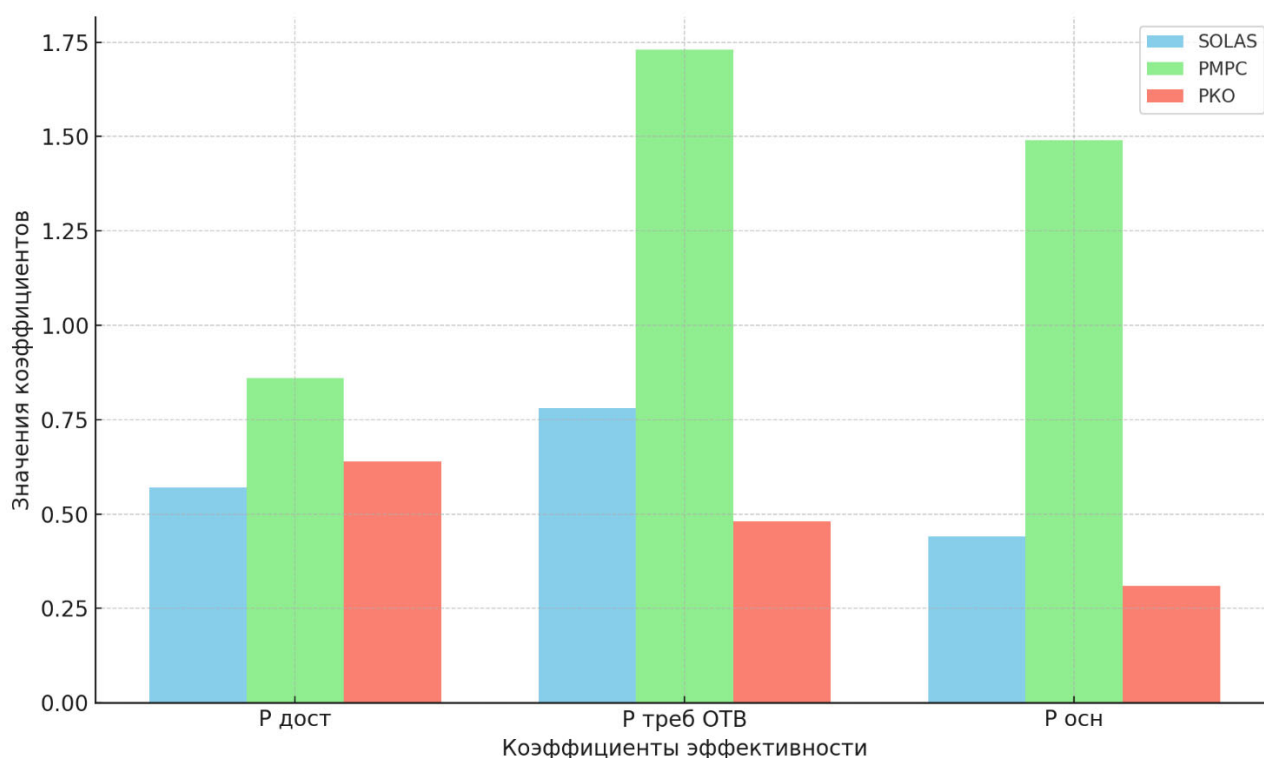


Рис. 7. Сравнение коэффициентов эффективности

Анализ этих коэффициентов показывает, что отечественные нормативные требования к размещению и характеристикам первичных средств пожаротушения значительно более строгие. Например, показатели итоговой эффективности методики оснащения судов в соответствии с требованиями Российского морского регистра судоходства превышают аналогичные показатели SOLAS на 238,6 % (1,49 против 0,44). Однако, несмотря на более строгие стандарты, статистика смертности при пожарах на судах в Российской Федерации остаётся стабильно высокой. Это указывает на то, что ужесточение нормативных требований в отношении первичных средств пожаротушения не гарантирует значительного повышения уровня пожарной безопасности.

Заключение

Из приведенного анализа следует, что российские нормативные документы предъявляют более строгие и детализированные требования по сравнению с международными стандартами SOLAS. Однако, несмотря на это, количество пожаров на отечественных судах остаётся достаточно высоким, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что для повышения пожарной безопасности судов необходимо разработать методику оснащения судов первичными средствами пожаротушения с учётом следующих требований:

- методика должна быть применима для всех видов и районов плавания судов (морские, речные, смешанного плавания, балкеры, пассажирские и т.д.);
- методика должна базироваться на определении вероятности доставки огнетушащих веществ к очагу пожара (необходимо провести серию натурных испытаний по определению скорости доставки первичных средств пожаротушения на объектах водного транспорта) и потенциальной результативности огнетушащих веществ (определение типоразмеров огнетушителей, размещаемых на судах) [8].

Список источников

1. Ищенко А.Д., Роевко В.В., Малыгин И.Г. Пожарная опасность и особенности тушения пожаров энергетических установок и помещений судов // Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 1-1 (39). С. 88–94. EDN YUJHXT.
2. World Fire Statistics // CTIF. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics> (дата обращения: 10.11.2024).
3. Analytical Research of the Container Ships Cargo Area Fires in the Period From 2010 to 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/358923453_Analytical_Research_of_the_Container_Ships_Cargo_Area_Fires_in_the_Period_From_2010_to_2020 (дата обращения: 10.11.2024).
4. Gard conference promotes value of industry collaboration to reduce number of container ship fires // International Union of Marine Insurance. URL: <https://iumi.com/news/news/gard-conference-promotes-value-of-industry-collaboration-to-reduce-number-of-container-ship-fires> (дата обращения: 30.10.2024).
5. X-Press Pearl: a «new kind of oil spill» a toxic mix of plastics and invisible chemicals URL: https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-sri-lanka-ship-fire-v1_2aw-en.pdf (дата обращения: 30.10.2024).
6. Fire breaks out on Maersk container ship, one crew member dead // World news. URL: <https://www.worldcargonews.com/shipping-logistics/2024/07/fire-breaks-out-on-maersk-container-ship-one-crew-member-dead/?gdpr=deny> (дата обращения: 10.11.2024).
7. Анализ нормативных требований к огнетушителям, размещаемым на судах / Д.Ф. Кожевин [и др.] // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 3-1 (61). С. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017. EDN HVCEXB.
8. Кожевин Д.Ф., Естехин В.Г. Оценка эффективности применения огнетушителей на водном транспорте // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 8–20.

References

1. Ishchenko A.D., Roenko V.V., Malygin I.G. Pozharnaya opasnost' i osobennosti tusheniya pozharov energeticheskikh ustanovok i pomeshchenij sudov // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-1 (39). S. 88–94. EDN YUJHXT.
2. World Fire Statistics // CTIF. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics> (data obrashcheniya: 10.11.2024).
3. Analytical Research of the Container Ships Cargo Area Fires in the Period From 2010 to 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/358923453_Analytical_Research_of_the_Container_Ships_Cargo_Area_Fires_in_the_Period_From_2010_to_2020 (data obrashcheniya: 10.11.2024).

4. Gard conference promotes value of industry collaboration to reduce number of container ship fires // International Union of Marine Insurance. URL: <https://iumi.com/news/news/gard-conference-promotes-value-of-industry-collaboration-to-reduce-number-of-container-ship-fires> (data obrashcheniya: 30.10.2024).

5. X-Press Pearl: a «new kind of oil spill» a toxic mix of plastics and invisible chemicals URL: https://ipen.org/sites/default/files/documents/ipen-sri-lanka-ship-fire-v1_2aw-en.pdf (data obrashcheniya: 30.10.2024).

6. Fire breaks out on Maersk container ship, one crew member dead // World news. URL: <https://www.worldcargonews.com/shipping-logistics/2024/07/fire-breaks-out-on-maersk-container-ship-one-crew-member-dead/?gdpr=deny> (data obrashcheniya: 10.11.2024).

7. Analiz normativnyh trebovanij k ognetushitelyam, razmeshchaemym na sudah / D.F. Kozhevin [i dr.] // Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2023. № 3-1 (61). S. 170–178. DOI: 10.37220/MIT.2023.61.3.017. EDN HVCEXB.

8. Kozhevin D.F., Estekhin V.G. Ocenka effektivnosti primeneniya ognetushitelej na vodnom transporte // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 4 (64). S. 8–20.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 19.04.2024; одобрена после рецензирования: 10.05.2024; принята к публикации: 12.05.2024

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 19.04.2024; approved after review: 10.05.2024; accepted for publication: 12.05.2024

Информация об авторах:

Кожевин Дмитрий Федорович, начальник кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: kozhevin_df@igps.ru, SPIN-код: 9647-7196

Естехин Виталий Геннадьевич, заместитель начальника факультета инженерно-технического Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: estekhin@inbox.ru, SPIN-код: 2770-8682

Блюденев Даниил Игоревич, обучающийся Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: daniilbludenov@gmail.com

Бережа Екатерина Евгеньевна, обучающийся Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: beerezaz@mail.ru

Information about the authors:

Kozhevin Dmitry F., head of the department of physico-chemical fundamentals of gorenje and extinguishing processes 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: kozhevin_df@igps.ru, SPIN: 9647-7196

Estekhin Vitaly G., deputy head of the engineering and technical faculty of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: estekhin@inbox.ru, SPIN: 2770-8682

Bludenov Daniil I., student of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: daniilbludenov@gmail.com

Bereza Ekaterina E., student of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: beerezaz@mail.ru