

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

TECHNOSPHERE SAFETY



УДК 614.84

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2541-9129-2025-9-3-185-195>

Разработка вычислительного комплекса для оценки пожарной опасности производственных объектов с учетом их характеристик

А.А. Кондашов

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны», г. Балашиха, Российская Федерация

✉ akond2008@mail.ru

EDN: SBQHNQ

Аннотация

Введение. Ежегодно в Российской Федерации на производственных объектах происходит около 5 тыс. пожаров, ущерб от которых исчисляется миллиардами рублей. В целях снижения количества пожаров и минимизации ущерба в настоящее время ведется работа по совершенствованию методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700¹ (далее — Методика). В научной литературе, посвященной анализу пожарной опасности производственных объектов различных отраслей экономики, отсутствует комплексный показатель для оценки пожарной опасности предприятий, который бы учитывал их технико-экономические характеристики с учетом отраслевой принадлежности. Цель настоящего исследования состоит в разработке безразмерного вычислительного комплекса, описывающего состояние пожарной опасности производственных объектов, принимающего во внимание их характерные особенности. Разработанный комплекс использован при формировании подходов к обоснованию численности и технической оснащенности объектовых подразделений пожарной охраны.

Материалы и методы. Проведен анализ статистических данных по количеству пожаров, числу погибших и травмированных, а также материальному ущербу от пожаров на производственных объектах по отраслям экономики с использованием информации из федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары». Для определения технико-экономических и оперативных характеристик предприятий, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны, был проведен анкетный опрос, по результатам которого собраны сведения о 726 производственных объектах. Исследованы технико-экономические характеристики данных объектов: площади территории и застройки, численность персонала, массы обращающихся пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред, площади зданий и сооружений, отнесенных к определенным категориям взрывопожароопасности, количество пожаров на предприятии и др.

Результаты исследования. Разработан безразмерный вычислительный комплекс $U_{по}$, характеризующий уровень пожарной опасности производственных объектов. Построено распределение значений комплекса $U_{по}$ для производственных объектов, на которых созданы подразделения пожарной охраны, и определены параметры полученного распределения. Определены критерии отнесения производственного объекта к определенной категории пожарной опасности. Рассчитаны значения показателя пожарной опасности для отраслей экономики. В категорию высокой пожарной опасности попадает черная металлургия ($U_{по} = 0,77$), машиностроение и металлообработка (0,73), цветная металлургия (0,70) и топливная промышленность (0,68). Приведен пример расчета уровня пожарной опасности для предприятия электроэнергетики.

¹ Об утверждении методик расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны. Приказ МЧС России № 700 от 15 октября 2021. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7454> (дата обращения: 11.05.2025).

Обсуждение. При нормировании количества и дислокации объектовых подразделений пожарной охраны, при определении численности их личного состава и технической оснащенности необходимо учитывать уровень пожарной опасности производственного объекта. Анализ распределения значений комплекса $U_{по}$ показал, что он распределен нормально со средним значением $m = 0,47$ и стандартным отклонением $\sigma = 0,19$. В результате, такие отрасли, как черная металлургия и машиностроение, отнесены к категории высокой пожарной опасности, в то время как электроэнергетика классифицирована как средняя. Таким образом, предложенный метод позволяет эффективно оценивать пожарную опасность в различных секторах экономики.

Заключение. Полученные результаты использованы для подготовки новой редакции Методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700. Использование разработанного комплекса позволит более точно учитывать особенности производственного объекта при определении ресурсов пожарной охраны.

Ключевые слова: пожарная опасность, производственный объект, отрасль экономики, объектовое подразделение пожарной охраны, комплексный показатель

Благодарности. Автор выражает благодарность редакции и рецензентам за внимательное отношение к статье и указанные замечания, которые позволили повысить ее качество.

Для цитирования. Кондашов А.А. Разработка вычислительного комплекса для оценки пожарной опасности производственных объектов с учетом их характеристик. *Безопасность техногенных и природных систем*. 2025;9(3):185–195. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2025-9-3-185-195>

Original Empirical Research

Development of a Computational Complex for Fire Hazard Assessment of Production Facilities, Taking into Account Their Characteristics

Andrey A. Kondashov 

All-Russian Research Institute of Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Russian Federation

✉ akond2008@mail.ru

Abstract

Introduction. Every year in the Russian Federation, approximately five thousand fires occur at production facilities, causing damage estimated in billions of rubles. To reduce the number of fires and minimize damage, work is underway to improve the methodology for calculating the number and equipment of fire protection units created to extinguish fires and conduct emergency rescue operations in organizations. This methodology was approved by Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 15, 2021 No. 700 (hereinafter referred to as the Methodology). In the scientific literature on the analysis of fire hazards in industrial facilities in various sectors of the economy, there is a lack of a comprehensive indicator for fire hazard assessment of enterprises, which would take into account their technical and economic characteristics and industry affiliation. The aim of this study is to develop a dimensionless computing system describing the state of fire hazard of industrial facilities, taking into account their characteristic features. The developed complex was used in the formation of approaches to substantiate the number and technical equipment of facility-based fire protection units.

Materials and Methods. The analysis of statistical data on the number of fires, number of deaths and injuries, as well as the material damage caused by fires at production facilities in various economic sectors, was carried out using information from the Federal State Information System "Federal Database 'Fires'". To determine technical, economic and operational characteristics of enterprises with facility-based fire protection units, a survey was conducted using a questionnaire that collected information from 726 production facilities. Technical and economic characteristics of these facilities were studied, including: the area of land and buildings, number of employees, the mass of fire-hazardous, fire-explosive and explosive technological environments, the area of buildings and structures classified into certain categories of explosion and fire hazard, the number of fires at the enterprise, etc.

Results. A dimensionless $U_{по}$ computing system has been developed that characterizes the fire hazard level of industrial facilities. The distribution of values of the $U_{по}$ complex for production facilities where fire protection units have been established has been constructed, and the parameters of the resulting distribution have been determined. The criteria for classifying a production facility according to its fire hazard level have been established. The values of the fire hazard indicator for economic sectors have been calculated. Ferrous metallurgy ($U_{по} = 0.77$), mechanical engineering and metalworking (0.73), non-ferrous metallurgy (0.70), and fuel industry (0.68) fell into the category of high fire hazard. The paper provides an example of calculating the fire hazard level for an electric power company.

Discussion. When determining the number and location of fire protection units, as well as the number of personnel and technical equipment, it is important to consider the level of fire risk at the production facility. An analysis of the distribution of values of the U_{no} complex showed that it followed a normal distribution with an average value of $m = 0.47$ and a standard deviation of $\sigma = 0.19$. This meant that industries such as ferrous metallurgy and mechanical engineering had a higher level of fire risk compared to the electric power industry, which was classified as medium. The proposed method allows for an effective assessment of fire risk across different sectors of the economy.

Conclusion. The results obtained were used to develop a new version of the Methodology for calculating the number and technical equipment of fire protection units, created to extinguish fires and carry out emergency rescue operations in organizations. This methodology was approved by Order No. 700 of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 15, 2021. The use of the developed complex will allow for a more accurate consideration of the specific characteristics of the production facility when determining fire protection resources.

Keywords: fire hazard, production facility, branch of the economy, fire department facility, complex indicator

Acknowledgements. The authors would like to thank the Editorial board and reviewers for their attentive attitude to the article and the comments indicated, which allowed us to improve its quality.

For Citation. Kondashov AA. Development of a Computational Complex for Fire Hazard Assessment of Production Facilities, Taking into Account Their Characteristics. *Safety of Technogenic and Natural Systems*. 2025;9(3):185–195. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2025-9-3-185-195>

Введение. Каждый год прямой материальный ущерб от пожаров на производственных объектах достигает нескольких миллиардов рублей, что подчеркивает актуальность этой проблемы. Пожары на производственных площадках могут быстро распространяться на большую площадь, что связано с наличием легковоспламеняющихся и горючих веществ и материалов. Это приводит не только к значительным финансовым потерям для предприятий, но и к тяжелым социальным последствиям — потере рабочих мест, нарушению технологических процессов, а также необходимости эвакуации персонала. Более того, такие пожары могут иметь серьезные экологические последствия, вызывая задымление и загрязнение нижних слоев атмосферы.

Изучение пожарной опасности различных производственных объектов стало объектом множества исследований, однако остается не до конца изученной проблема недостаточной осведомленности о специфических рисках для разных отраслей. Это подчеркивает необходимость системного подхода к оценке пожарной опасности. Причиной повышенной опасности на предприятиях химической промышленности является наличие пожаровзрывоопасных веществ, и пожар на таких объектах способен привести к катастрофическим социальным и экономическим последствиям [1].

Пожаровзрывоопасность предприятий металлургии также вызывает обоснованные опасения, поскольку в процессе их деятельности образуется много горючей пыли [2], что происходит в результате различных технологических процессов [3]. На таких предприятиях нарушения требований техники безопасности могут стать непосредственной причиной возникновения пожаров и взрывов [4]. В работе [5] подчеркивается, что предприятия в лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности являются одними из наиболее пожароопасных. Главными факторами, способствующими возникновению пожаров, выступают нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования (30,5 %) и неосторожное обращение с огнем (20,2 %) [6].

Пожарная опасность электростанций обуславливается обращением горючих материалов, таких как масла и изоляционные материалы, а также возникновением источников зажигания, связанных с электрическим током. Это может привести к пожарным инцидентам при нарушении установленного порядка эксплуатации электрооборудования [7]. На предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности к пожарам часто приводят износ производственного оборудования, нарушение технологического регламента [8], несоблюдение требований пожарной безопасности [9], а также недостатки в процессе монтажных работ [10]. Усложнение производственных технологических процессов в данной отрасли влечет за собой рост количества горючих газов и летучих легковоспламеняющихся жидкостей, что создает реальную угрозу возникновения крупномасштабных пожаров [11]. Таким образом, оценка пожарной безопасности веществ, используемых на объектах нефтегазового комплекса, становится ключевым элементом в системе обеспечения пожарной безопасности [12].

Возникновение пожаров на предприятиях горнодобывающей промышленности часто связано с нарушениями правил техники безопасности, неисправностями оборудования и объектов инфраструктуры, а также неблагоприятными условиями окружающей среды [13]. На предприятиях машиностроения и металлообработки повышенная пожарная опасность связана с наличием большого количества легковоспламеняющихся материалов и изделий [14].

Невзирая на обширный спектр исследований, посвященных пожарной опасности в различных отраслях, до сих пор не существует единого подхода, позволяющего адекватно оценить пожарную опасность в произвольных производственных условиях, принимая во внимание их специфические особенности. Настоящее исследование нацелено на разработку комплексного показателя, который будет описывать состояние пожарной опасности конкретного производственного объекта. Этот показатель призван служить основой для обоснования количества и размещения объектов подразделений пожарной охраны, их численности и технической оснащенности.

Цель представленного исследования заключается в создании методологии для определения пожарной опасности, что в свою очередь должно улучшить практику управления рисками и повысить уровень безопасности на производственных объектах. Для достижения этой цели были поставлены конкретные задачи: анализ существующих методик оценки пожарной опасности, выявление недостатков в текущих подходах, а также предложение новых решений, способствующих повышению общего уровня безопасности. Таким образом, актуальность исследования не только заключается в его научном и практическом значении, но и в его способности создать основу для дальнейших улучшений в области пожарной безопасности.

Материалы и методы. Для вычисления значений показателей пожарной опасности по отраслям производства был проведен анализ статистических данных по пожарам на производственных объектах за 2020–2022 гг. с использованием информации из федеральной государственной информационной системы «Федеральный банк данных «Пожары»². Количество предприятий в отраслях экономики определено на основе данных Федеральной службы государственной статистики Федерации³.

Для определения технико-экономических характеристик предприятий, на которых функционируют объектовые подразделения пожарной охраны, был проведен анкетный опрос. В результате собрано 726 сведений о производственных объектах [15]. Проведен анализ полученных данных, определены средние значения каждого показателя для всего массива, а также для отдельных отраслей экономики.

При разработке безразмерного вычислительного комплекса $U_{по}$, характеризующего пожарную опасность предприятия, технико-экономические показатели предприятия нормировались на соответствующие средние значения и умножались на весовые множители, определяющие вклад конкретного показателя. Значения показателей обстановки с пожарами для отраслей экономики нормировались на средние значения по всей экономике.

Вычислены значения безразмерного вычислительного комплекса $U_{по}$ для всех производственных объектов с объектовыми подразделениями пожарной охраны и построено распределение значений $U_{по}$. Определены среднее значение m и среднеквадратичное отклонение σ полученного распределения, на основе которых были рассчитаны границы интервалов значений $U_{по}$, соответствующих различным уровням пожарной опасности производственного объекта.

Анализ статистических данных о пожарах в различных отраслях экономики показал следующую картину. Среднее значение количества пожаров на 100 предприятий по всем отраслям экономики составляет 0,75 пожаров на 100 предприятий. Максимальное значение данный показатель достигает на предприятиях угольной промышленности — 9,38 пожаров на 100 предприятий. Меньше всего происходит пожаров в строительной отрасли — 0,14 пожаров на 100 предприятий (рис. 1).

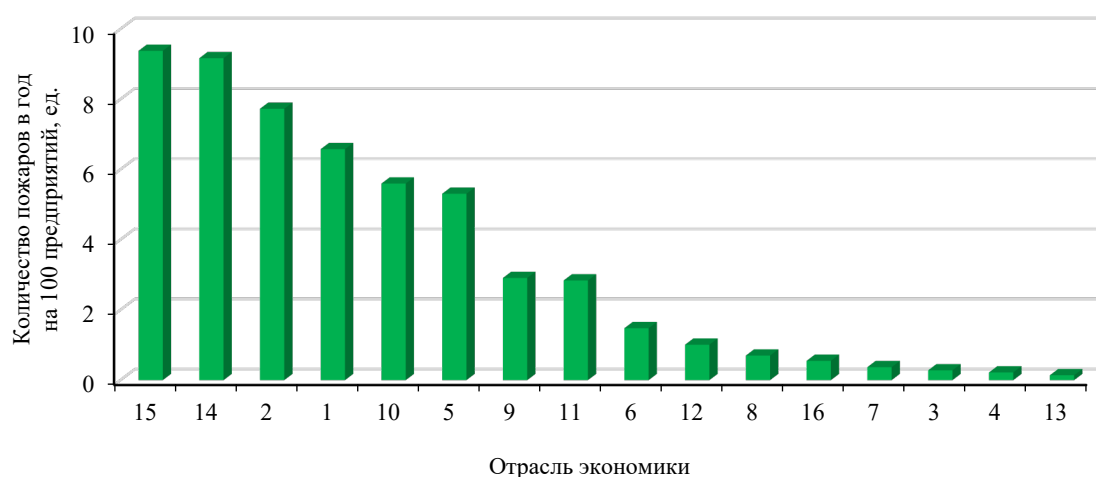


Рис. 1. Количество пожаров на 100 предприятий по отраслям экономики: 1 — электроэнергетика; 2 — черная металлургия; 3 — химическая и нефтехимическая промышленность; 4 — машиностроение и металлообработка; 5 — лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность; 6 — промышленность строительных материалов; 7 — легкая промышленность; 8 — пищевая промышленность; 9 — сельское хозяйство; 10 — топливная промышленность; 11 — цветная металлургия; 12 — транспорт; 13 — строительство; 14 — судостроения и судоремонт; 15 — угольная промышленность; 16 — иные отрасли

² О формировании электронных баз данных учета пожаров и их последствий: Приказ МЧС России № 625 от 24 декабря 2018 г. ГАРАНТ. URL: <https://base.garant.ru/72138544/> (дата обращения: 11.05.2025).

³ Российский статистический ежегодник. 2022. Федеральная служба государственной статистики: Москва: 2022. 696 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Ejegodnik_2022.pdf (дата обращения: 11.05.2025)

В среднем на 1 тыс. пожаров на производственных объектах погибают и получают травмы 53 человека. Наименьшее количество пострадавших при пожарах зарегистрировано на предприятиях электроэнергетики — 12 человек на 1 000 пожаров. Наибольшее значение данный показатель достигает в топливной промышленности — 452 человека на 1 000 пожаров (рис. 2).

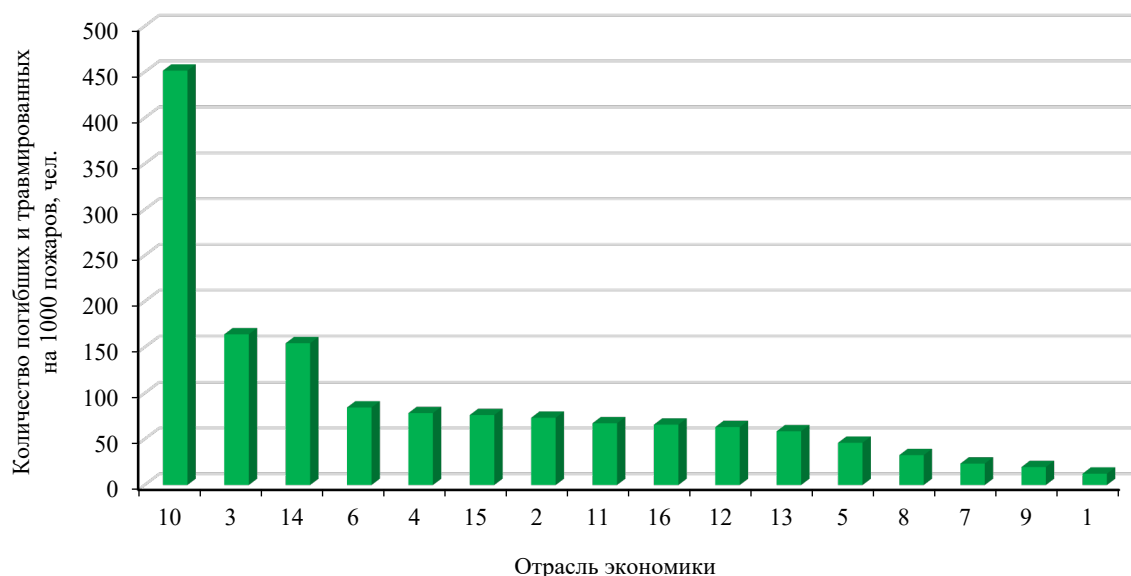


Рис. 2. Количество пострадавших (погибших и травмированных) при пожарах на 1 000 пожаров по отраслям экономики. Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1

Средняя величина ущерба от одного пожара колеблется от 16 млн. рублей для предприятий машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей до 60 тыс. рублей для предприятий судостроительной и судоремонтной промышленности. В среднем по всей экономике ущерб от одного пожара составляет 904 тыс. рублей.

Анализ технико-экономических характеристик предприятий, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны, выявил следующие закономерности. Среднее значение площади территории предприятий варьируется от 3,7 га для легкой промышленности до 1,81 тыс. га для транспортных предприятий. Среднее значение по всем предприятиям, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны, составляет 238 га.



Рис. 3. Площадь застройки предприятий зданиями, сооружениями и технологическими установками по отраслям экономики. Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1

Распределение отраслей экономики по площади застройки зданиями, сооружениями и открытыми технологическими установками представлено на рис. 3. Наибольшая средняя площадь застройки на предприятиях машиностроения составляет 587,8 тыс. м² (здания и сооружения) и 413,6 тыс. м² (открытые технологические установки). Наименьшую площадь застройки зданиями и сооружениями имеют предприятия легкой промышленности — 21,1 тыс. м², а технологическими установками — на предприятиях транспорта — 18,7 тыс. м². Средние значения площади застройки по всем предприятиям составляют 155 тыс. м² (здания и сооружения) и 94 тыс. м² (технологические установки).

Численность персонала на предприятиях черной металлургии достигает наибольших значений — в среднем 14,4 тыс. человек, из которых в наиболее загруженную смену работает 5,7 тыс. человек. Меньше всего работающих на предприятиях легкой промышленности — в среднем 208 и 154 человека соответственно. Средние значения данных показателей по всем предприятиям составляют 1567 человек общей численности и 678 человек в наиболее загруженную смену.

Наибольшая масса пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных веществ, обращающихся в наружных технологических установках, наблюдается на предприятиях электроэнергетики — в среднем 177 тыс. тонн, а наименьшая масса таких веществ — на предприятиях машиностроения и металлообработки — в среднем 90 тонн. Среднее значение данного показателя по всем предприятиям составляет 98 тыс. тонн.

Средняя площадь зданий и сооружений, отнесенных к V степени огнестойкости, по всем предприятиям составляет 5 тыс. м². Наибольшее значение этот показатель достигает на предприятиях электроэнергетики — в среднем 10,1 тыс. м², а на предприятиях цветной металлургии — 138 м².

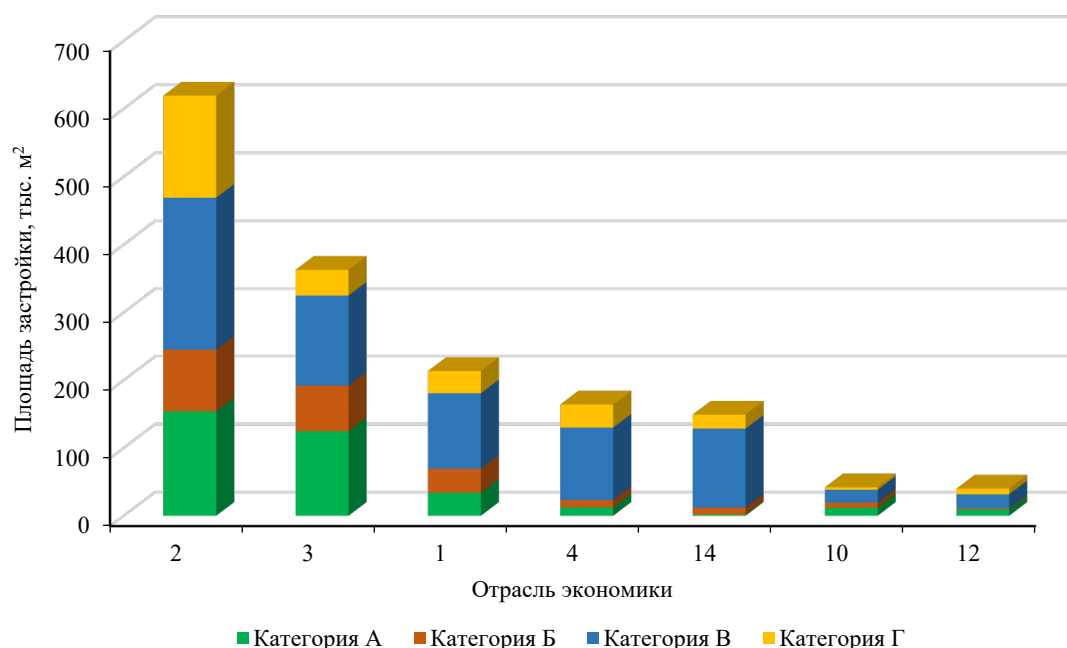


Рис. 4. Площадь застройки предприятий зданиями (сооружениями), отнесенным к определенным категориям по взрывопожароопасности, по отраслям экономики. Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1.

На рис. 4 представлено распределение отраслей экономики по площади застройки предприятий зданиями (сооружениями), отнесенными к определенным категориям по взрывопожароопасности. Наибольшая средняя площадь застройки наблюдается на предприятиях машиностроения и металлообработки — 154 тыс. м² для категории А, для категории Б — 91 тыс. м², для категории В — 224 тыс. м², для категории Г — 150 тыс. м². Средняя площадь застройки для всех предприятий в указанных категориях составляет 52, 63, 91 и 36 тыс. м² соответственно.

Среднее количество пожаров за 5 лет на предприятиях, где созданы объектовые подразделения пожарной охраны, составляет 1,2 пожара на одно предприятие. На предприятиях черной металлургии произошло наибольшее количество пожаров — в среднем 11,5 пожара за 5 лет, в то время как на предприятиях легкой промышленности зафиксировано наименьшее число — в среднем 0,07 пожара.

Среднее расстояние до территориального подразделения пожарной охраны, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов, составляет 12,6 км. Наибольшее расстояние зафиксировано для предприятий химической и нефтехимической промышленности — в среднем 28,7 км, тогда как наименьшее расстояние наблюдается на предприятиях машиностроения — в среднем 3,5 км.

Результаты исследования. Исходя из результатов проведенного анализа для оценки уровня пожарной опасности производственных объектов разработан безразмерный вычислительный комплекс $U_{\text{по}}$, который вычисляется по формуле:

$$U_{\text{по}} = \left(1 + (S_1 + S_2)^{-1}\right)^{-1}. \quad (1)$$

Безразмерный комплекс S_1 , входящий в (1), характеризует уровень пожарной опасности отрасли производства, к которой относится рассматриваемый производственный объект. Для вычисления S_2 используется формула:

$$S_1 = w_1 \frac{N_{\text{пож}}}{N_{\text{пож.ср}}} + w_2 \frac{N_{\text{гт}}}{N_{\text{гт.ср}}} + w_3 \frac{Y_{\text{м}}}{Y_{\text{м.ср}}}, \quad (2)$$

где w_i — безразмерные весовые множители, приняты равными 2/19; $N_{\text{пож}}$, $N_{\text{гт}}$, $Y_{\text{м}}$ — показатели, характеризующие пожарную опасность отрасли производства, приведены в таблице 1; $N_{\text{пож.ср}}$, $N_{\text{гт.ср}}$, $Y_{\text{м.ср}}$ — средние значения показателей пожарной опасности по всем отраслям производства.

Таблица 1

Показатели, характеризующие пожарную опасность отрасли производства

№ п/п	Обозначение	Наименование показателя	Единица измерения
1	$N_{\text{пож}}$	Количество пожаров в течение года в расчете на 100 предприятий	ед.
2	$N_{\text{гт}}$	Количество людей, пострадавших при пожарах, в расчете на 1 000 пожаров	чел.
3	$Y_{\text{м}}$	Средний ущерб от одного пожара	руб.

Безразмерный комплекс S_2 описывает технико-экономические и оперативные характеристики конкретного производственного объекта. Для вычисления S_2 используется формула:

$$S_2 = w_4 \frac{S_{\text{тер}}}{S_{\text{тер.ср}}} + w_5 \frac{S_{\text{зд}}}{S_{\text{зд.ср}}} + w_6 \frac{S_{\text{уст}}}{S_{\text{уст.ср}}} + w_7 \frac{N_{\text{перс}}}{N_{\text{перс.ср}}} + w_8 \frac{N_{\text{загр}}}{N_{\text{загр.ср}}} + w_9 \frac{M_{\text{сред}}}{M_{\text{сред.ср}}} + w_{10} \frac{S_{\text{огн}}}{S_{\text{огн.ср}}} + w_{11} \frac{S_{\text{А}}}{S_{\text{А.ср}}} + w_{12} \frac{S_{\text{Б}}}{S_{\text{Б.ср}}} + w_{13} \frac{S_{\text{В}}}{S_{\text{В.ср}}} + w_{14} \frac{S_{\text{Г}}}{S_{\text{Г.ср}}} + w_{15} \frac{N_{\text{пож}}}{N_{\text{пож.ср}}} + w_{16} \frac{L_{\text{ПО}}}{L_{\text{ПО.ср}}}, \quad (3)$$

где w_i — безразмерные весовые множители, приняты равными 1/19; $S_{\text{тер}}$, $S_{\text{зд}}$, $S_{\text{уст}}$, $N_{\text{перс}}$, $N_{\text{загр}}$, $M_{\text{сред}}$, $S_{\text{огн}}$, $S_{\text{А}}$, $S_{\text{Б}}$, $S_{\text{В}}$, $S_{\text{Г}}$, $N_{\text{пож}}$, $L_{\text{ПО}}$ — показатели, характеризующие технико-экономические и оперативные характеристики производственного объекта (таблица 2); $S_{\text{тер.ср}}$, $S_{\text{зд.ср}}$, $S_{\text{уст.ср}}$, $N_{\text{перс.ср}}$, $N_{\text{загр.ср}}$, $M_{\text{сред.ср}}$, $S_{\text{огн.ср}}$, $S_{\text{А.ср}}$, $S_{\text{Б.ср}}$, $S_{\text{В.ср}}$, $S_{\text{Г.ср}}$, $N_{\text{пож.ср}}$, $L_{\text{ПО.ср}}$ — средние значения показателей для производственных объектов, на которых созданы объектовые подразделения пожарной охраны.

Таблица 2

Показатели, характеризующие технико-экономические и оперативные характеристики производственного объекта

№ п/п	Обозначение	Наименование показателя	Единица измерения
1	$S_{\text{тер}}$	Площадь территории	га
2	$S_{\text{зд}}$	Площадь застройки зданиями и сооружениями	м ²
3	$S_{\text{уст}}$	Площадь застройки открытыми технологическими установками	м ²
4	$N_{\text{перс}}$	Общая численность персонала	чел.
5	$N_{\text{загр}}$	Численность персонала объекта, работающего на предприятии в самую загруженную смену	чел.
6	$M_{\text{сред}}$	Масса единовременно обращающихся в наружных технологических установках пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред	тонн
7	$S_{\text{огн}}$	Площадь зданий и сооружений, относящихся к I степени огнестойкости	м ²
8–11	$S_{\text{А}}$, $S_{\text{Б}}$, $S_{\text{В}}$, $S_{\text{Г}}$	Площадь застройки зданиями (сооружениями), отнесенными к категориям взрывопожароопасности А, Б, В, Г	м ²
12	$N_{\text{пож}}$	Количество пожаров на предприятии за 5 лет	ед.
13	$L_{\text{ПО}}$	Расстояние до территориального подразделения пожарной охраны, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов	км

Распределение значений комплекса $U_{по}$ для производственных объектов, на которых созданы подразделения пожарной охраны, описывается нормальным законом со средним значением $m = 0,47$ и среднеквадратичным отклонением $\sigma = 0,19$. Критерии отнесения производственного объекта к определенной категории пожарной опасности приведены в таблице 3.

Таблица 3

Уровни пожарной опасности производственного объекта и соответствующие им значения комплекса $U_{по}$

Категория пожарной опасности	Критерий	Диапазон значений
Низкая	$0 \leq U_{по} < m$	$0 \leq U_{по} < 0,47$
Средняя	$m \leq U_{по} < m + \sigma$	$0,47 \leq U_{по} < 0,66$
Высокая	$m + \sigma \leq U_{по} < m + 2\sigma$	$0,66 \leq U_{по} < 0,85$
Крайне высокая	$m + 2\sigma \leq U_{по} < 1$	$0,85 \leq U_{по} < 1$

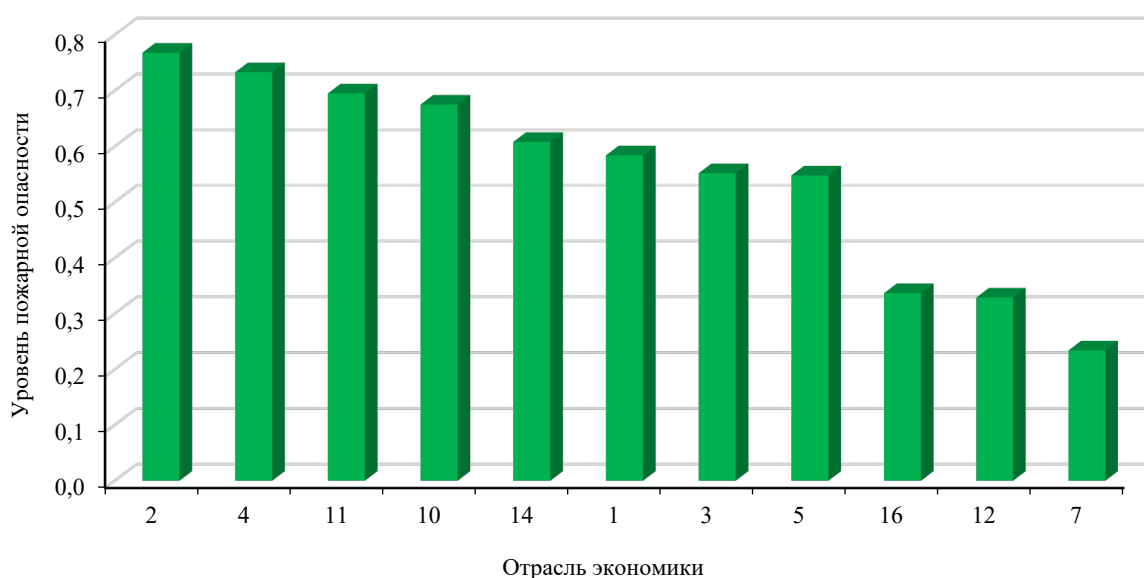


Рис. 5. Распределение отраслей экономики по уровню пожарной опасности.

Названия отраслей экономики приведены в подписи к рис. 1

Средние значения комплекса $U_{по}$ для отраслей экономики приведены на рис. 5. Как видно из рисунка, в категорию высокой пожарной опасности попадает черная металлургия, машиностроение и металлообработка, цветная металлургия и топливная промышленность. В категорию средней пожарной опасности входят следующие отрасли: судостроение и судоремонт, электроэнергетика, химическая и нефтехимическая промышленность, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Остальные отрасли относятся к категории низкой пожарной опасности.

В качестве примера рассчитан уровень пожарной опасности для предприятий электроэнергетики. Значение технико-экономических и оперативных характеристик предприятия приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения показателей, характеризующих состояние пожарной опасности производственного объекта электроэнергетики

Показатель	Значение	Показатель	Значение
Y_1 , га	17,0	Y_8 , тыс. м ²	2,6
Y_2 , тыс. м ²	33,5	Y_9 , тыс. м ²	0,5
Y_3 , тыс. м ²	0,0	Y_{10} , тыс. м ²	8,0
Y_4 , чел.	236,0	Y_{11} , тыс. м ²	12,5
Y_5 , чел.	184,0	Y_{12} , ед.	0,0
Y_6 , тыс. тонн	2540,5	Y_{13} , км	13,0
Y_7 , тыс. м ²	0,0		

По формулам (2) и (3) вычислены значения комплексов $S_1 = 0,962$ и $S_2 = 1,424$. Значение вычислительного комплекса $U_{по}$ определено по формуле (1), $U_{по} = 0,705$. В соответствии с таблицей 3, предприятие следует отнести к категории высокой пожарной опасности, тогда как в целом отрасль электроэнергетики относится к категории средней пожарной опасности (рис. 5).

Обсуждение. В ходе исследования авторы поставили цель выявить уровень пожарной опасности на производственных объектах с учетом технико-экономических особенностей конкретных предприятий. Реализованная модель позволяет оценить риски с учетом специфики различных отраслей. Основные результаты показывают, что уровень пожарной опасности зависит от сферы деятельности, причем в некоторых отраслях, таких как черная и цветная металлургия, машиностроение и металлообработка, топливная промышленность, этот уровень значительно выше среднего.

Созданный безразмерный вычислительный комплекс — $U_{по}$ — дает возможность глубже анализировать пожарную опасность производственных объектов, учитывая различные факторы, включая расстояние до территориального подразделения пожарной охраны, массу обращающихся пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред, площадь зданий и сооружений, отнесенных к определенным категориям взрывопожароопасности, количество пожаров на предприятии и др. Данные факторы следует учитывать при определении ресурсной потребности объектовых подразделений пожарной охраны.

Таким образом, результаты работы не только подтверждают существующие опасности в сфере пожарной безопасности, но и подчеркивают необходимость адаптации системы к условиям конкретных производств для эффективного управления рисками. Это создает базу для дальнейших рекомендаций и действий, направленных на снижение количества и последствий пожаров.

Заключение. Полученные результаты были использованы для подготовки новой редакции Методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15 октября 2021 г. № 700. В новой редакции Методики предложено рассчитывать радиус обслуживания объектового подразделения пожарной охраны в зависимости от уровня пожарной опасности производственного объекта, определяемого показателем $U_{по}$. Пожарная опасность объекта также учитывается для определения требуемого расхода огнетушащего средства на наружное пожаротушение при расчете состава сил и средств пожарной охраны. Кроме того, площадь участков контроля за противопожарным состоянием при осуществлении профилактики пожаров определяется в зависимости от значения комплексного показателя $U_{по}$.

Результаты исследований по вопросам нормирования ресурсов объектовой пожарной охраны будут детально рассмотрены в серии последующих публикаций.

Список литературы / References

1. Смирнов А.В. О структуре управления пожарной безопасностью на типовом объекте химической промышленности. *Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов*. 2017;(6):426–430.
2. Smirnov AV. On Fire Safety Management Structure at a Typical Chemical Industry Facility. In: *Problems of Technosphere Safety: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists*. 2017;(6):426–430. (In Russ.)
3. Федоров В.А. Оценка пожаровзрывобезопасности предприятий металлургической промышленности в части производств, связанных с обращением горючих пылей. *Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования*. 2021;3(10):456–460.
4. Fedorov VA. Assessment of Fire and Explosion Safety of Metallurgical Industry Enterprises in Terms of Production Related to the Handling of Combustible Dust. *Fire and Technosphere Safety: Problems and Ways of Improvement*. 2021;3(10):456–460. (In Russ.)
5. Morón W, Ferens W. Analysis of Fire and Explosion Hazards Caused by Industrial Dusts with a High Content of Volatile Matter. *Fuel*. 2024;355:129363. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129363>
6. Полянин А.В. Повышение уровня безопасности участников тушения пожаров на предприятиях металлургической промышленности. В: *Труды III Международной научно-практической конференции «Научные исследования 2022», Пенза, 15 сентября 2022 года*. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.); 2022. С. 30–32.
7. Polyanin AV. Increasing the Level of Safety for Participants of Fire Extinguishing at the Facilities of the Metallurgical Industry. In: *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Scientific Research 2022”, Penza, September 15, 2022*. Penza: Science and Education (IP Gulyaev G.Yu.); 2022. P. 30–32. (In Russ.)
8. Корнюхин И.С., Ермилов А.В. Анализ статистических данных по пожарам на объектах деревообрабатывающей промышленности. В: *Труды «Актуальные вопросы пожаротушения», Иваново, 15 мая 2020 года*. 2020. Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»; С. 68–73.

Kornyukhin IS, Ermilov AV. Analysis of Statistical Data on Fires in the Woodworking Industry. In: *Proceedings "Current Issues of Firefighting"*, Ivanovo, May 15, 2020. 2020. Ivanovo: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters"; P. 68–73. (In Russ.)

6. Кундышева М.В. Анализ источников опасности на деревообрабатывающем предприятии. В: *Труды Международной научно-практической конференции «Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе»* Тюмень, 29 ноября 2023 года. Тюмень: Тюменский индустриальный университет; 2024. С. 109–112.

Kundysheva MV. Analysis of Sources of Danger in a Woodworking Enterprise. In: *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "The Arctic: Modern Approaches to Industrial and Environmental Safety in the Oil and Gas Sector"* Tyumen, November 29, 2023. Tyumen: Tyumen Industrial University; 2024. P. 109–112. (In Russ.)

7. Алешков М.В., Пушкин Д.С., Колбасин А.А. Особенности развития и тушения пожаров на объектах электроэнергетики. *Технологии техносферной безопасности*. 2010;(3(31));9.

Aleshkov MV, Pushkin DS, Kolbasin AA. Features of Development and Suppression of Fires on Objects of Power. *Technosphere Security Technologies*. 2010;(3(31));9. (In Russ.)

8. Мальцев А.В. Анализ причин возникновения пожаров на объектах нефтеперерабатывающей промышленности. *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. 2017;1(8):278–280.

Maltsev AV. Analysis of the Causes of Fires at Oil Refining Facilities. *Fire Safety: Problems and Prospects*. 2017;1(8):278–280. (In Russ.)

9. Пшеничный Д.С. Анализ причин возникновения и методов ликвидации пожаров на объектах газовой промышленности. В: *Труды X Всероссийской научно-технической конференции молодых исследователей «Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности»*, Волгоград, 24–29 апреля 2023 года. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет; 2023. С. 260–262.

Pshenichnyi DS. Analysis of the causes and Methods of Extinguishing Fires at Gas Industry Facilities. In: *Proceedings of the X All-Russian Scientific and Technical Conference of Young Researchers "Actual Problems of Construction, Housing and Communal Services and Technosphere Safety"*, Volgograd, April 24–29, 2023. Volgograd: Volgograd State Technical University; 2023. P. 260–262. (In Russ.)

10. Федоров А.В., Оспанов К.К., Ломаев Е.Н., Алешков А.М., Минцаев М.Ш. Анализ статистики и причинно-следственных связей аварий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России и Казахстана. *Технологии техносферной безопасности*. 2021;(2(92)):156–168. <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.156-168>

Fedorov AV, Ospanov KK, Lomaev EN, Aleshkov AM, Mintsaeve MSh. Statistical and Causal Factors Analysis of Accidents at Oil Refining and Petrochemical Industry of Russia and Kazakhstan. *Technosphere Security Technologies*. 2021;(2(92)):156–168. (In Russ.) <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.156-168>

11. Kalach AV, Cherepakhin AM, Sushko EA, Kalach EV, Sysoeva TP. The Dangerous Fire Factors Formation the on an Oil and Gas Complex Objects When Using the Combustible Environment on the Tetrachlormethane Basis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;459:042046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/042046>

12. Gvozdev E. Development of an Integrated Safety Sistem for Production Facilities: the Problem Statement and the Proposed Solution. *Reliability: Theory & Applications*. 2024;19(1(77)):474–487. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2024-177-474-487>

13. Aldiyansyah Aldiyansyah, Al Amin Siharis, Abriansyah Abriansyah, Fitrani Amin, Aqsal Ramadhan. Kegiatan Sosialisasi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Tambang Batu Gamping di PT. Diamond Alfa Propertindo Kabupaten Buton Tengah. *Anoa: Jurnal Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik*. 2023;2(1):58–62. <https://doi.org/10.51454/anoa.v2i01.453>

14. Savelyev AP, Glotov SV, Chugunov MN, Enaleeva SA. Fire Safety at Medium-Size Machine-Building Facilities. *Russian Engineering Research*. 2022;42(4):373–375. <https://doi.org/10.3103/S1068798X22040268>

15. Марахов П.А., Порошин А.А., Стрельцов О.В., Кондашов А.А., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2024;(3(52)):22–29. URL: https://ntp.edufire37.ru/uploads/2024/09/%D0%A1%D0%9F%D0%93%D0%97_352_2024.pdf (дата обращения: 11.05.2025).

Marakhov PA, Poroshin AA, Streltsov OV, Kondashov AA, Bobrinev EV, Udavtsova EY. Formation of an Information Base for Calculating the Resource Provision of Fire Protection to Protect Organizations from Fires. *Modern Problems of Civil Protection*. 2024;(3(52)):22–29. (In Russ.) URL: https://ntp.edufire37.ru/uploads/2024/09/%D0%A1%D0%9F%D0%93%D0%97_352_2024.pdf (accessed: 11.05.2025).

Об авторе:

Андрей Александрович Кондашов, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского ордена «Знак почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России» (143903, Российская Федерация, г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12), [SPIN-код](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), akond2008@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Andrey A. Kondashov, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Leading Researcher of the All-Russian Research Institute of Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (12, VNIPO, Balashikha, mkr., 143903, Russian Federation), [SPIN-code](#), [ORCID](#), [ScopusID](#), akond2008@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 02.06.2025

Поступила после рецензирования / Reviewed 24.06.2025

Принята к публикации / Accepted 10.07.2025