

Пожарная безопасность (2.10.1. технические науки)

Научная статья

УДК 311.21

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.74.76.005

Анализ статистических данных о пожарах в толще горючего материала

Сергей Геннадьевич Андросенко¹

Андрей Дмитриевич Ищенко¹

Владимир Васильевич Роенко¹

Денис Вячеславович Тараканов¹

Андрей Николаевич Кудрин²

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

²ФАУ ДПО Волгодонский учебный центр ФПС, Волгодонск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Геннадьевич Андросенко, green01sa@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены подходы к статистическому анализу параметров, характеризующих пожары в толще горючего материала. Выполнен обоснованный выбор методов анализа, основанный на совокупном применении качественного матричного анализа структуры факторов (параметров) и количественного анализа их однородности с использованием элементов дисперсионного анализа. Определены принцип группировки статистического материала с учётом наличия параметра имеющего дискретную структуру, такого как «Количество приборов подачи огнетушащего вещества» в дальнейшем анализе заменён на условно непрерывный параметр – «Расход огнетушащего вещества». Показано что однородными параметрами являются «площадь пожара» и «удельный расход подачи огнетушащего вещества». Выявлено, что одной геометрической характеристики пожара по всей совокупности данных статистически недостаточно для однородных выводов о применении сил и средств подразделений пожарной охраны. На практике это означает, что одну и ту же площадь пожара тушат с использованием разного количества приборов подачи огнетушащего вещества (Общий расход огнетушащего вещества) и за различное время. Для обоснованного вывода о специфике применения пожарных подразделений необходима дополнительная информации предположительно о глубине горения (тления) в толще горючего материала.

Ключевые слова: пожары, статистические данные, дисперсионный анализ, интервальный анализ, удельный расход огнетушащего вещества

Для цитирования: Андросенко С.Г., Ищенко А.Д., Кудрин А.Н., Роенко В.В., Тараканов Д.В. Анализ статистических данных о пожарах в толще горючего материала // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 1(36). С. 57-64. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.74.76.005>

Original article

Analysis of statistical data on fires in the thickness of combustible material

Sergey G. Androsenko¹

Andrey D. Ishchenko¹

Vladimir V. Roenko¹

Denis V. Tarakanov¹

Andrey N. Kudrin²

¹Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moscow, Russian Federation,

²Federal autonomous institution of additional professional education Volgodonsk training center of the federal fire service, Volgodonsk, Russian Federation

Corresponding author: Sergey G. Androsenko, green01sa@yandex.ru

Abstract. The article considers approaches to the statistical analysis of parameters characterizing fires at solid waste storage facilities. A reasonable choice of analysis methods based on the combined application of qualitative matrix analysis of the structure of factors (parameters) and quantitative analysis of their homogeneity using elements of variance analysis is made. The principle of grouping statistical material is determined, taking into account the presence of a parameter having a discrete structure, such as "The number of devices for supplying extinguishing agent" in further analysis, it is replaced by a conditionally continuous parameter – "Consumption of extinguishing agent". It is shown that the homogeneous parameters are "fire area" and "specific flow rate of fire extinguishing agent". It is revealed that one geometric characteristic of a fire across the entire data set is statistically insufficient for homogeneous conclusions about the use of forces and means of fire protection units. In practice, this means that the same fire area is extinguished using a different number of extinguishing agent supply devices (Total consumption of extinguishing agent) and for different times. For a reasonable conclusion about the specifics of the use of fire departments, additional information is needed, presumably about the depth of gorenje (smoldering) in the thickness of the combustible material.

Keywords: fires, statistical data, dispersion analysis, interval analysis, specific consumption of extinguishing agent

For citation: Androsenko S.G., Ishchenko A.D., Kudrin A.N., Roenko V.V., Tarakanov D.V. Analysis of statistical data on fires in the thickness of combustible material // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2025. № 1(36). С. 57-64. (In Russ.) https://doi.org/10.34987/vestnik_sibpsa.2025.74.76.005

Процесс статистического анализа показателей пожаров включает в себя три основных этапа:

- дисперсионный анализ – целью данного анализа является выявление однородности статистического материала и выработка предложений по рациональной группировке данных;
- интервальный анализ – целью данного анализа является установление интервальных значений показателей анализируемых пожаров. Данный тип анализа является наиболее информативным, так как обеспечивает компромисс между качеством исходного статистического материала и обоснованностью получаемых в результате анализа выводов и предложений. Для реализации интервального анализа необходимо определить классификационный (главный) показатель и информативные (второстепенные) показатели. Оценки по информативным показателям, для групп сформированным по классификационному показателю являются результатами интервального анализа;
- выводы о результатах анализа.

В данной статье произведен анализ данных о пожарах [1] в толще горючих материалов на примере пожаров твердых бытовых отходов (далее – ТБО). Основными анализируемыми параметрами приняты площадь пожара и расход огнетушащего вещества (далее - ОТВ). Под понятием «пожар в толще горючего материала» авторами принят процесс горения твердых материалов, отходов, мусора на открытой местности, протекающий в глубине. Целью

исследования является уточнение применимости принятого в тактике тушения пожаров понятия интенсивность подачи огнетушащих средств на площадь пожара.

Дисперсионный анализ однородности статистических данных

Данный этап цифровой обработки данных включает в себя два зависимых действия: проверка гипотезы о влиянии фактора на основе критерия Фишера при уровне значимости 0,05 (5% точность) и если влияние выявлено, то оценка величины влияния, на основе шкалы влияния разработанной с учетом нормального распределения результатов измерений [2].

Структура анализируемого статистического материала.

При оценке однородности статистического материала будем рассматривать дуалистическую систему классификации исходных показателей, анализируемых пожаров: 1 – по структуре показателя: первичные и составные; 2 – по характеру изменения значения во времени (по динамике): непрерывные и дискретные. Первичные (неделимые) показатели (характеристики) пожаров являются неделимыми и принимаются по данным представленным в исходном статистическом материале, вторичные (составные) показатели вычисляются на основе первичных и в общей классификации анализа являются макропоказателями пожаров [3]. В свою очередь непрерывные показатели определены на положительной числовой прямой, дискретные принимают значения из множества натуральных чисел [4].



Рис.1. Исходная классификация анализируемых показателей

Для удобства анализа результаты классификации представим в виде матрицы (таблицы) показателей пожара.

Табл.1. Матрица показателей пожара

Наименование показателя	По структуре		По динамике		Общая
	Первичные	Составные	Дискретные	Непрерывные	
Площадь пожара	1	0	0	1	2
Количество приборов подачи ОТВ	1	0	1	0	2
Время тушения пожара	1	0	0	1	2
Удельный расход ОТВ	0	1	0	1	2
Итого:	3	1	1	3	8

Так как в рассматриваемой структуре статистического материала присутствуют представители каждой из классификаций (в последней строке матрицы классификатора

отсутствуют нулевые значения), то проведем анализ однородности каждого из показателей в отдельности [5].

Это говорит о необходимости анализа величины удельного расхода, представляющая собой отношение общего количества вещества (произведение расхода ОТВ на время подачи) к площади пожара [6].

Итоги проверки однородности статистических выборок представлены в Табл.2.

Табл.2. Итоги проверки однородности

Показатель пожара	Критерий Фишера		Вывод
	Фактическое значение	Критическое значение ($\alpha=0,05$)	
Площадь пожара	0,336	2,998	Однородный
Количество приборов подачи ОТВ	8,33		Неоднородный
Время тушения пожара	4,26		Неоднородный
Удельный расход ОТВ	1,53		Однородный

Интервальный анализ данных

Наличие неоднородных факторов показывает необходимость анализа данных в рамках генеральных выборок, и так как фактическое значение критерия Фишера, характеризующее в данном случае степень разрозненности данных, имеет максимальное значение у параметра «Количество приборов подачи ОТВ», то группировку данных при интервальном анализе проведем по данному дискретному периметру [7].

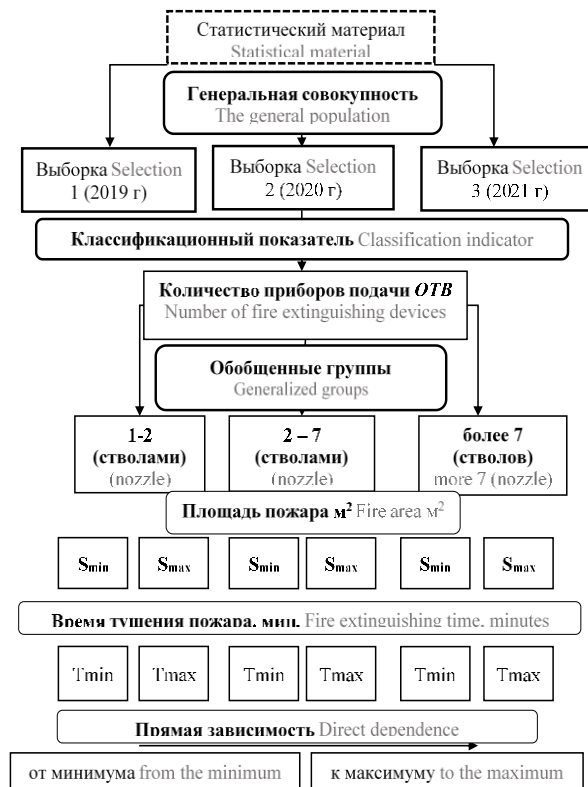


Рис.2. Структура интервального анализа данных

Стоит отметить, что распределение пожаров по четырем группам обосновано экспоненциальным распределением дискретной случайной величины – количество пожаров, потушенных с использованием N приборов подачи ОТВ, гистограмма которой показана на Рис.3.

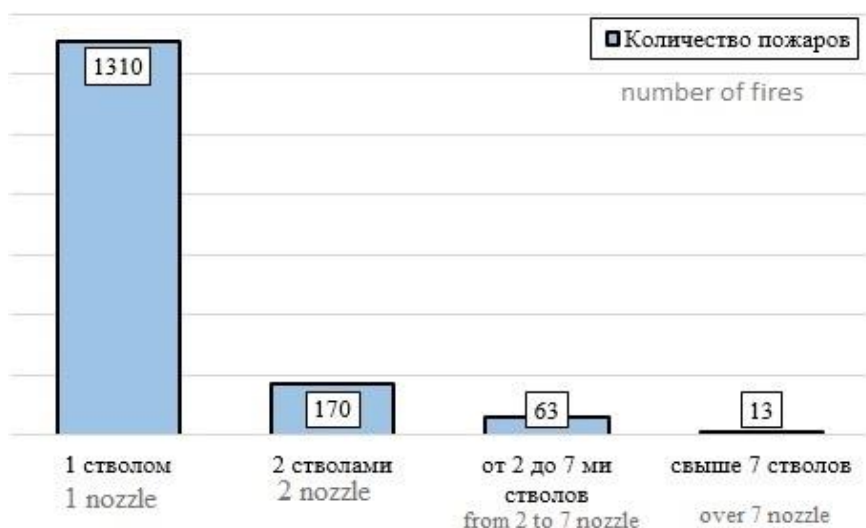


Рис.3. Распределение количества пожаров по группам

Интервальная инфографика параметров пожаров ТБО (на примере 2019 года (выборка 1) представлена на Рис.4. На рисунке окошенные области — это нижние и верхние границы исследуемых параметров для введенных групп [8].

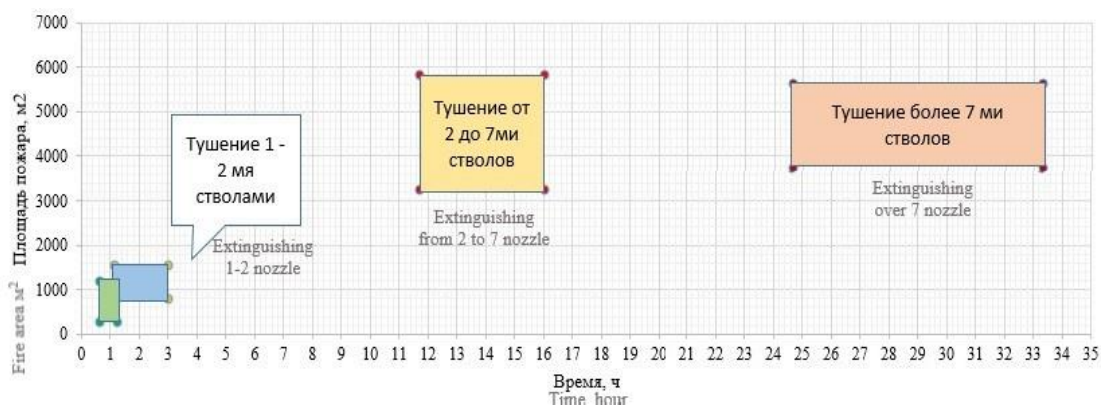


Рис.4. Инфографика интервального анализа параметров пожаров ТБО

Аналогичные результаты для выборок 2 и 3 (2020 и 2021 годы) представлены в Табл.3.

Табл.3. Результаты интервального анализа параметров пожаров на объектах ТБО

2019 год (Выборка 1)

Параметры пожара	Характеристики	Количество приборов подачи ОТВ			
		1 стволом	2 стволами	от 2 до 7 стволов	свыше 7 стволов
Параметры пожара	Ожидание	746	1186	4553	4695
	Нижняя граница	291	813	3269	3746
	Верхняя граница	1201	1559	5837	5644
Время тушения пожара, ч	Ожидание	0,9	2	16	33,3
	Нижняя граница	0,6	1,1	11,7	24,6
	Верхняя граница	1,2	3	20,3	42,1

2020 год (Выборка 2)

Параметры пожара	Характеристики	Количество приборов подачи ОТВ			
		1 стволом	2 стволами	от 2 до 7 стволов	свыше 7 стволов
Параметры пожара	Ожидание	390	1624	854	77050
	Нижняя граница	345	1371	809	69737
	Верхняя граница	434	1877	900	84363
Время тушения пожара, ч	Ожидание	0,4	1,17	2,9	5,67
	Нижняя граница	0,38	1,11	2,75	5,42
	Верхняя граница	0,43	1,24	3,05	5,91

2021 год (Выборка 3)

Параметры пожара	Характеристики	Количество приборов подачи ОТВ			
		1 стволом	2 стволами	от 2 до 7 стволов	свыше 7 стволов
Параметры пожара	Ожидание	590	1002	3000	3425
	Нижняя граница	198	464	2201	2733
	Верхняя граница	982	1540	3800	4117
Время тушения пожара, ч	Ожидание	0,7	1,6	3,6	3,3
	Нижняя граница	0,5	1,2	2,9	2,8
	Верхняя граница	1	1,9	4,2	3,8

Выводы о результатах анализа показателей пожаров в толще горючего материала

В рамках статистического анализа параметров, характеризующих пожары в толще горючего материала получены следующие результаты:

- выполнен обоснованный выбор методов анализа, основанный на совокупном применении качественного матричного анализа структуры факторов (параметров) и количественного анализа их однородности с использованием элементов дисперсионного анализа [9];

- определен принцип группировки статистического материала с учётом наличия параметра имеющего дискретную структуру, такого как «Количество приборов подачи ОТВ» в дальнейшем анализе заменён на условно непрерывный параметр – «Расход ОТВ» [10];

- показано что однородными параметрами являются «площадь пожара» и «удельный расход подачи ОТВ». Это говорит о том, что одной геометрической характеристики пожара по всей совокупности данных статистически недостаточно для однородных выводов о применении сил и средств подразделений пожарной охраны [11]. На практике это означает, что одну и ту же площадь пожара тушат с использованием разного количества приборов подачи ОТВ (Общий расход ОТВ) и за различное время. Результаты, полученные в ходе исследования, подтверждают предположения о неприменимости понятия интенсивности подачи огнетушащих средств на площадь пожара, при организации и осуществлении действий по тушению пожаров, протекающих в глубине (толще) горючего материала. Для обоснованного вывода о специфике применения пожарных подразделений необходима дополнительная информации предположительно о глубине горения (тления) в «толще горючего материала».

Список источников

1. Пожары и Пожарная безопасность // Статистический сборник Статистика пожаров и их последствий. – 2021. – С. 55-75.
2. Казанцев С.Г., Гринченко Б.Б., Катин Д.С. [и др.] Методика оценки времени выполнения нормативов по профессиональной подготовке пожарны // Современные проблемы гражданской защиты. – 2022. – № 4(45). – С. 29-40.

3. Акифьев Н.Н. Программное средство моделирования мониторинга динамики пожара в здании для идентификации темпа его развития / Акифьев Н.Н., Тараканов Д.В. // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2022. – № 31. – С. 41-46.
4. Денисов И.П., Терехнев В.В., Тараканов Д.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021614139 Российская Федерация. Программа для категорирования сложных объектов: № 2021613174: заявл. 04.03.2021: опубл. 19.03.2021 – EDN NEEHBY.
5. Гринченко Б.Б., Кузнецов А.В., Баканов М.О., Тараканов Д.В. Многофакторный мониторинг динамики пожара на текстильных предприятиях // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – № 3(393). – С. 135-140. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_3_135.
6. Шалявин Д.Н. Применение пульсовых зон в тренировочных занятиях по подготовке газодымозащитников / Шалявин Д.Н., Тараканов Д.В., Гринченко Б.Б. // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник Материалов XV Международной Научно-Практической Конференции, Посвященной 30-Й Годовщине МЧС России, Иваново, 17–18 ноября 2020 года. – 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», 2020. – С. 301-304.
7. Кузнецов А.В., Тараканов Д.В., Баканов М.О., Суровегин А.В. Информационные ресурсы системы мониторинга крупных пожаров на объектах энергетики // Современные проблемы гражданской защиты. – 2020. – № 4(37). – С. 24-32.
8. Биккулов И.М. Прикладное применение интервального анализа данных в детерминированных системах / Биккулов И.М., Хасанова Л.Р. // Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность - 2021: Сборник трудов IV Международной молодежной научно-практической конференции, Стерлитамак, 16 декабря 2021 года / Материалы публикуются в авторской редакции. Авторы несут ответственность за достоверность материалов, изложенных в сборнике. – Стерлитамак: Издательство "Нефтегазовое дело", 2021. – С. 411-413.
9. Халиков Р.В., Колесникова Е.Г., Кустышев И.Н., Роевко В.В. Автокорреляционный анализ аварий угольных шахт // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2021. – № 30. – С. 98-102.
10. Бегишев И.Р., Ищенко А.Д., Кармес А.П. [и др.] Патент № 2582446 С2 Российская Федерация, МПК А62С 2/00. Способ получения огнетушащей струи и устройство для получения огнетушащей струи: № 2014106078/12: заявл. 19.02.2014: опубл. 27.04.2016 / заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Аква-ПиРо-Альянс". – EDN JMPWXF.
11. Таранцев А.А., Ищенко А.Д., Холостов А.Л. [и др.] Проблема подавления пожара на удаленных автономных объектах в условиях экстремально низких температур // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2019. – № 2. – С. 30-40. – DOI 10.25257/FE.2019.2.30-40.

References

1. Fires and Fire Safety // Statistical Collection Statistics of Fires and their Consequences. - 2021. - pp. 55-75.
2. Kazantsev S.G., Grinchenko B.B., Katin D.S. [et al.] Methodology for estimating the time of fulfillment of standards for the professional training of firefighters // Modern problems of civil protection. – 2022. – № 4(45). – pp. 29-40.
3. Akifyev N.N. A software tool for modeling the monitoring of fire dynamics in a building to identify the pace of its development / Akifyev N.N., Tarakanov D.V. // Materials of the international scientific and technical conference "Security Systems". - 2022. – №. 31. – pp. 41-46.
4. Denisov I.P., Terebnev V.V., Tarakanov D.V. Certificate of state registration of the computer program №. 2021614139 Russian Federation. The program for categorizing complex objects: №. 2021613174: application 04.03.2021: publ. 19.03.2021 – EDN NEEHBY.

5. Grinchenko B.B., Kuznetsov A.V., Bakanov M.O., Tarakanov D.V. Multifactorial monitoring of fire dynamics at textile enterprises // *Izvestia of Higher Educational Institutions. Technology of the textile industry.* – 2021. – № 3(393). – pp. 135-140. – DOI 10.47367/0021-3497_2021_3_135.
6. Chaliavin D.N. The use of pulse zones in training sessions for the preparation of gas and smoke defenders / Chaliavin D.N., Tarakanov D.V., Grinchenko B.B. // *Fire and Emergency safety: A Collection Of Materials From The XV International Scientific And Practical Conference Dedicated To The 30th Anniversary Of The Ministry Of Emergency Situations Of Russia*, Ivanovo, November 17-18, 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, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters", 2020. – pp. 301-304.
7. Kuznetsov A.V., Tarakanov D.V., Bakanov M.O., Surovegin A.V. Information resources of the monitoring system of large fires at energy facilities // *Modern problems of civil protection.* – 2020. – № 4(37). – pp. 24-32.
8. Bikkulov I.M., Khasanova L.R. // *Low-waste, resource-saving chemical technologies and environmental safety - 2021: Proceedings of the IV International Youth Scientific and Practical Conference*, Sterlitamak, December 16, 2021 / Materials published in the author's edition. The authors are responsible for the accuracy of the materials presented in the collection. – Sterlitamak: Publishing House "Neftegazo-voe delo", 2021. – pp. 411-413.
9. Khalikov R.V., Kolesnikova E.G., Kustyshev I.N., Roenko V.V. Autocorrelation analysis of coal mine accidents // *Materials of the international scientific and technical conference "Security Systems"*. – 2021. – №. 30. – pp. 98-102.
10. Begishev R., Ishchenko A.D., Karmes A.P. [et al.] Patent №. 2582446 C2 Russian Federation, IPC A62C 2/00. Method of obtaining a fire extinguishing jet and a device for obtaining a fire extinguishing jet: №. 2014106078/12: application 19.02.2014: published 27.04.2016 / I applicant Limited Liability Company "Aqua-PyRo-Alliance". – EDN JMPW XF.
11. Tarantsev A.A., Ishchenko A.D., Kholostov A.L. [et al.] The problem of fire suppression at remote autonomous facilities in conditions of extremely low temperatures // *Fires and emergencies: prevention, liquidation.* – 2019. – №. 2. – pp. 30-40. – DOI 10.25257/FE.2019.2.30-40.

Информация об авторах

А.Д. Ищенко - доктор технических наук

В.В. Роечко - кандидат технических наук

Д.В. Тараканов - доктор технических наук

Information about the author

A.D. Ishchenko - Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science)

V.V. Roenko - Ph.D. of Engineering Sciences

D.V. Tarakanov - Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science)

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.10.2024, одобрена после рецензирования 14.11.2024, принята к публикации 20.03.2025.

The article was submitted 21.10.2024, approved after reviewing 14.11.2024, accepted for publication 20.03.2025.