Научная статья
УДК 614.842.6; DOI: 10.61260/2304-0130-2026-3-49-56

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА РУЧНЫХ ПОЖАРНЫХ СТВОЛОВ ДЛЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС РОССИИ

✉**Сытдыков Максим Равильевич;**
Абдуллаева Юлия Сергеевна;
Новиков Владислав Андреевич.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия
✉***sytdykov@igps.ru***

Аннотация. Статья посвящена сравнительной оценке эффективности ручных пожарных стволов (далее – РПС) с целью выбора наилучшего образца для оснащения подразделений пожарной охраны МЧС России. Предложен комплексный методологический подход, включающий три взаимодополняющих инструмента: метод экспертных оценок – для определения весовых коэффициентов технических параметров РПС, нечёткую логику – для синтеза обобщённого показателя эффективности (далее – ОПЭ), объединяющего безразмерный комплексный показатель $\pi_{пож.ст.}$ и средневзвешенную оценку, а также метод Парето – для многокритериального выбора наилучшего образца по критерию «эффективность – стоимость». Проведено сравнение десяти образцов отечественных РПС. На основании полученных значений ОПЭ и диаграммы Парето установлено, что наивысшей эффективностью обладают РСП-70АП, СРКУ-8 и КУРС-8, а по соотношению ОПЭ к стоимости наиболее предпочтительными являются РСП-70АП и РС-70А. Предложенная методика обеспечивает обоснованный и воспроизводимый подход к выбору пожарно-технического вооружения, сочетая объективные технические расчёты с экспертными знаниями.

Ключевые слова: ручной пожарный ствол, обобщённый показатель эффективности, экспертная оценка, нечёткая логика, метод Парето, технические параметры, пожарно-техническое вооружение, многокритериальный анализ, безразмерный комплексный показатель

Для цитирования: Сытдыков М.А., Абдуллаева Ю.Л., Новиков В.А. Обоснование выбора пожарных автоцистерн с лестницей на основе расчета обобщенного показателя эффективности // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2026. № 3 (59). С. 49–56. DOI: 10.61260/2307-7476-2026-3-49-56

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2026

Scientific article

A MULTI-CRITERIA APPROACH TO SUBSTANTIATING THE CHOICE OF MANUAL FIRE BARRELS FOR EMERCOM OF RUSSIA

✉Sytdykov Maksim R.;
Abdullaeva Yulia S.;
Novikov Vladislav A.
Saint-Petersburg university of state fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia
✉sytdykov@igps.ru

Abstract. The article is devoted to a comparative assessment of the effectiveness of manual fire barrels (RPS) in order to select the best sample for equipping fire protection units of the Ministry of Emergency Situations of Russia. A comprehensive methodological approach is proposed, which includes three complementary tools: the expert assessment method for determining the weighting coefficients of the technical parameters of the RPS, and fuzzy logic for synthesizing a generalized performance indicator (PEI) combining a dimensionless complex indicator of the quality control system. and a weighted average estimate, as well as the Pareto method for multi–criteria selection of the best sample according to the «efficiency – cost» criterion. Ten samples of domestic RPS have been compared. Based on the obtained PE values and the Pareto diagram, it was found that RSP-70AP, SRKU-8 and COURSE-8 have the highest efficiency, and in terms of the ratio of PE to cost, RSP-70AP and RS-70A are the most preferred. The proposed methodology provides a reasonable and reproducible approach to the selection of fire-fighting equipment, combining objective technical calculations with expert knowledge.

Keywords: manual fire barrel, generalized efficiency indicator, expert assessment, fuzzy logic, Pareto method, technical parameters, fire-fighting equipment, multi-criteria analysis, dimensionless complex indicator

For citation: Sytdykov M.R., Abdullaeva Y.S., Novikov V.A. Justification of the choice of fire tanker trucks with a ladder based on the calculation of a generalized efficiency indicator // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2026. № 3 (59). P. 49–56. DOI: 10.61260/2307-7476-2026-3-49-56

Введение

Одними из основных технических средств, определяющих эффективность подачи огнетушащих веществ (далее – ОТВ) в очаг пожара [1], являются РПС [2], которыми комплектуются основные пожарные автомобили (далее – ПА). Безопасность личного состава на пожаре напрямую зависит от применения эффективных РПС, обоснованный выбор которых для оснащения подразделений пожарной охраны является актуальным.

В работах [3-5] авторами проведен обзор РПС, применяемых для тушения пожаров, сравнительный анализ их технических параметров, сформирован обобщенный безразмерный комплекс, характеризующий удельную полезную работу РПС, и с помощью метода Парето проведено сравнение РПС цена/качество для оснащения подразделений пожарной охраны МЧС России. В работе [6] предложен подход возможности упрощения выбора РПС с помощью расчета показателя относительной общей пользы эксплуатации РПС, который осуществляется по двум вариантам: по данным об отказах ПС и по гарантийным срокам эксплуатации (обязательствах производителя). По полученным значениям показателя для каждого варианта и марки РПС построены гистограммы предпочтительности для выбора/оснащения стволов и на основе суммирования занятых мест в каждом варианте расчета получен итог – данные по местам (учитывающие результаты оценок показателя относительной общей пользы применения ПС).

Целью данной статьи является оценка эффективности РПС для выбора наилучшего образца на основании обобщенного показателя эффективности, данных экспертной оценки, нечеткой логики и метода Парето [7].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Применить метод экспертных оценок для определения весовых коэффициентов и значимости технических параметров РПС, влияющих на их эффективную эксплуатацию.

2. Разработать нечеткую модель, интегрирующую сформированный безразмерный комплексный показатель и экспертные данные в единый ОПЭ.

3. На основе метода Парето провести выбор наиболее эффективного образца РПС.

Методы исследования

Для оценки РПС, рассмотренных в [4], и разработки нечеткой модели, интегрирующей сформированный безразмерный комплексный показатель $\pi_{пож.ст.}$ и экспертные данные в единый ОПЭ необходимо определить значимость технических параметров РПС

С этой целью проведено анкетирование пяти специалистов [7-9] с разным профессиональным опытом, чтобы обеспечить объективность ранжирования. Сведения об экспертах представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сведения об экспертах, принимавших участие в опросе

Занимаемая должность	Стаж практической работы, лет	Основная область компетенции
Начальник службы пожаротушения ФПС ГПС ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу	22	Руководство тушением пожаров и проведением аварийно-спасательных работ
Начальник управления материально-технического обеспечения ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу	21	Осуществление организации хранения пожарной техники, обеспечения технической готовности пожарно-технического вооружения и оборудования
Начальник управления по району ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу	20	Организация применения пожарной техники, руководство тушением пожаров и проведением аварийно-спасательных работ
Заместитель начальника управления по району ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу	18	Организация применения пожарной техники, руководство тушением пожаров и проведением аварийно-спасательных работ
Начальник пожарно-спасательной части	15	Организация применения пожарной техники, руководство тушением пожаров и проведением аварийно-спасательных работ

Для определения степени важности технических характеристик экспертам было предложено расставить параметры в порядке приоритетности по шкале из девятнадцати позиций. Самый важный показатель получает первое место, а наименее существенный – девятнадцатое. В случае если несколько характеристик оцениваются специалистами как

равнозначные, их итоговый ранг определяется путём вычисления среднего арифметического от суммы соответствующих позиций. Первичные результаты опроса систематизированы в табл. 2.

Таблица 2

Первичная матрица рангов мнений экспертов

Параметр	Эксперты				
	№1	№2	№3	№4	№5
Масса (M)	4	5	4	4,5	4
Длина ствола (L)	6	6	5	6	5,5
Дальность компактной струи (l)	1,5	2	1	3	2
Срок службы (T)	5	4	6	4,5	5,5
Рабочее давление на выходе (P)	3	3	2,5	2	3
Расход компактной водной струи (Q)	1,5	1	2,5	1	1

Для оценки значимости технических параметров РПС определены их весовые коэффициенты, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Весовые коэффициенты технических параметров РПС

Параметр	Сумма рангов (S)	Отклонение (d)	Квадрат откл. (d^2)	Вес (w)
Масса (M)	21,5	4,0	16,00	0,13
Длина ствола (L)	28,5	11,0	121,00	0,06
Дальность компактной струи (l)	9,5	-8,0	64,00	0,24
Срок службы (T)	25,0	7,5	56,25	0,10
Рабочее давление на выходе (P)	13,5	-4,0	16,00	0,20
Расход компактной водной струи (Q)	7,0	-10,5	110,25	0,27
Суммы значений:	105,0	0,0	383,50	1,00

Используя значения весовых коэффициентов (табл. 3), получены средневзвешенные значения образцов РПС, представленные в табл. 4. Чем меньше значение средневзвешенной оценки, тем эффективнее является образец РПС.

Таблица 4

Результаты расчета средневзвешенной оценки РПС

№	Образец	Средневзвешенная оценка
1	СРКУ-8	3,3690
2	РСП-70АП	3,8619
3	РС-70А	4,5405
4	КУРС-8	4,6952
5	КУРС-8и	5,1476
6	ОРТ-50	5,6310
7	РСК-50	6,5000
8	СРК-50	6,5357
9	РСП-50	7,0762
10	РС-50А	7,6429

Для расчета значений ОПЭ при помощи нечёткой логики методом Мамдани [10-13] были использованы полученные значения обобщённого показателя $\pi_{пож.ст.}$ и средневзвешенной оценки. Полученные значения ОПЭ приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчета ОПЭ РПС

№	Образец	ОПЭ
1	РСП-70АП	0,725
2	СРКУ-8	0,725
3	КУРС-8	0,725
4	КУРС-8и	0,682
5	РС-70А	0,500
6	ОРТ-50	0,275
7	РСП-50	0,087
8	РС-50А	0,083
9	РСК-50	0,082
10	СРК-50	0,075

Данные табл. 5 показывают, что наибольшее численное значение ОПЭ в 0,725 соответствует трем образцам РПС (РСП-70АП, СРКУ-8 и КУРС-8).

Результаты исследования и их обсуждение

Для выбора наиболее эффективного образца РПС методом Парето [14] рассчитаны численные значения отношений ОПЭ конкретного образца к среднему значению ОПЭ и их стоимости к средней, которые представлены в табл. 6

Таблица 6

Значения отношений ОПЭ и стоимости РПС к их средним значениям

№	Образец	ОПЭ/ОПЭ$_{ср}$	Образец	С/Сср
1	РСП-70АП	1,830	РС-50А	0,025
2	СРКУ-8	1,830	РС-70А	0,040
3	КУРС-8	1,830	РСП-50	0,061
4	КУРС-8и	1,723	РСК-50	0,073
5	РС-70А	1,262	СРК-50	0,073
6	ОРТ-50	0,694	РСП-70АП	0,329
7	РСП-50	0,221	ОРТ-50	0,835
8	РС-50А	0,211	СРКУ-8	1,629
9	РСК-50	0,694	КУРС-8	2,766
10	СРК-50	0,211	КУРС-8и	4,169

По данным табл. 6 для определения конкретных образцов РПС, обладающих наибольшей эффективностью, в соответствии с методом Парето построена диаграмма Парето, которая представлена в рис. 1.

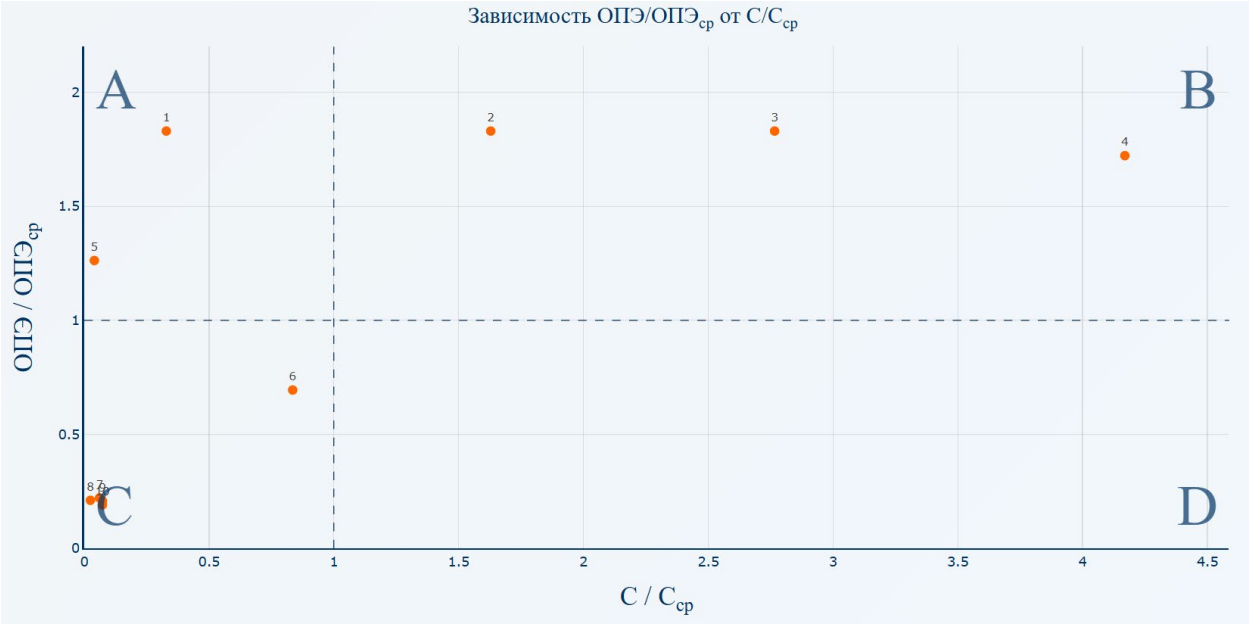


Рис.1. **Диаграмма Парето эффективности РПС**

Из рисунка следует, что РПС, находящиеся ближе всего к квадранту «А», обладают высокой эффективностью. В данном случае самыми эффективными являются РСП-70АП, РС-70А, СРКУ-8, КУРС-8 и КУРС-8и. При сравнении отношения цен к отношению ОПЭ по данным табл. 6 можно сделать вывод, что по соотношению ОПЭ к цене наиболее оптимальными являются пожарные стволы РСП-70АП и РС-70А.

Заключение

В результате сравнения десяти образцов РПС, используя методы анализа размерностей и π-теорема Бакингема, экспертной оценки и нечеткой логики, определено, что наиболее эффективными образцами являются РСП-70АП и РС-70А.

Данная комбинация методов позволяет выбрать наиболее эффективные варианты РПС для оснащения подразделений пожарной охраны как по технической эффективности, так и по их цене.

Список источников

1. Ngo Q.T., Truong V.Ph. Research and application of fire fighting techniques using hand-held nozzles // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Safety Systems". 2021. No. 30. P. 232–237.

2. Жукова В.А., Аксенов С.Г. К вопросу об особенности применения ручных пожарных стволов // E-Scio. 2022. № 11(74). С. 365–370.

3. Елисеев И.Б., Новиков В.Р., Бесков М.С. Обзор ручных пожарных стволов, применяемых для тушения пожаров на территории Российской Федерации // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика - регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в Арктическом регионе: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 27 октября 2022 года. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2022. С. 100–103.

4. Брусянин Д.В., Новиков В.Р., Бесков М.С. Формирование обобщенного комплексного показателя ручных пожарных стволов, применяемых для тушения пожаров на территории Российской Федерации // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 4 (64). С. 139–146.

5. Шкитронов М.Е., Бесков М.С., Елисеев И.Б. Выбор ручного пожарного ствола на основе применения обобщенного комплексного показателя // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 127–135.

6. Бубнов А.Г., Бочкарев А.Н., Волков В.В. Возможность упрощения выбора пожарных стволов // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2(51). С. 25–32.

7. Сытдыков М. Р. Многокритериальный подход к оценке эффективности пожарной техники как сложной технической системы //Научный вестникНИИ «Респиратор». 2026. № 2 (63). С. 15-25.

8. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений. М.: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2017. 568 с.

9. Рупосов В.Л. Методы определения количества экспертов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3(98). С. 286–292.

10. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия Телеком, 2007. С. 288.

11. Тарасян В.С. Пакет Fuzzy Logic Toolbox for Matlab. Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2013. 112 с.

12. Mamdani's Fuzzy Logic-Based Tapioca Optimal Production Amount Prediction System / T. Safitrah [et al.] // Journal of Applied Science, Technology & Humanities. 2024. P. 265–279. DOI 10.62535/ws0haa49.

13. Mudia H. Comparative Study of Mamdani-type and Sugeno-type Fuzzy Inference Systems for Coupled Water Tank // Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining. 2020. P. 42. DOI 10.24014/ijaidm. v3i1.9309

14. Ногин, В.Д. Логическое обоснование принципа Эджворта-Парето // ЖВМиМФ, 2002. Т. 42, № 7. С. 951–957.

References

1. Ngo Q.T., Truong V.Ph. Research and application of fire fighting techniques using hand-held nozzles // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Safety Systems". 2021. No. 30. P. 232–237.

2. Zhukova V.A., Aksenov S.G. K voprosu ob osobennosti primeneniya ruchnyh pozharnyh stvolov // E-Scio. 2022. № 11(74). S. 365–370.

3. Eliseev I.B., Novikov V.R., Beskov M.S. Obzor ruchnyh pozharnyh stvolov, primenyaemyh dlya tusheniya pozharov na territorii Rossijskoj Federacii // Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Arktika - region strategicheskih interesov: pravovaya politika i sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti v Arkticheskom regione: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Sankt-Peterburg, 27 oktyabrya 2022 goda. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MChS Rossii, 2022. S. 100–103.

4. Brusyanin D.V., Novikov V.R., Beskov M.S. Formirovanie obobshchennogo kompleksnogo pokazatelya ruchnyh pozharnyh stvolov, primenyaemyh dlya tusheniya pozharov na territorii Rossijskoj Federacii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 4 (64). S. 139–146.

5. Shkitronov M.E., Beskov M.S., Eliseev I.B. Vybor ruchnogo pozharnogo stvola na osnove primeneniya obobshchennogo kompleksnogo pokazatelya // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 2 (66). S. 127–135.

6. Bubnov A.G., Bochkarev A.N., Volkov V.V. Vozmozhnost' uproshcheniya vybora pozharnyh stvolov // Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity. 2024. № 2(51). S. 25–32.

7. Sytdykov M. R. Mnogokriterial'nyj podhod k ocenke effektivnosti pozharnoj tekhniki kak slozhnoj tekhnicheskoj sistemy //Nauchnyj vestnikNII «Respirator». 2026. № 2 (63). S. 15-25.

8. Orlov A.I. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie: teoriya prinyatiya reshenij. M.: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu "Izdatel'stvo "KnoRus", 2017. 568 s.

9. Ruposov V.L. Metody opredeleniya kolichestva ekspertov // Vestnik Irkutskogo

gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. № 3(98). S. 286–292.

10. Shtovba S.D. Proektirovanie nechetkih sistem sredstvami MATLAB. M.: Goryachaya liniya Telekom, 2007. S. 288.

11. Tarasyan V.S. Paket Fuzzy Logic Toolbox for Matlab. Ekaterinburg: Ural'skij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya, 2013. 112 s.

12. Mamdani's Fuzzy Logic-Based Tapioca Optimal Production Amount Prediction System / T. Safitrah [et al.] // Journal of Applied Science, Technology & Humanities. 2024. P. 265–279. DOI 10.62535/ws0haa49.

13. Mudia H. Comparative Study of Mamdani-type and Sugeno-type Fuzzy Inference Systems for Coupled Water Tank // Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining. 2020. P. 42. DOI 10.24014/ijaidm. v3i1.9309

14. Nogin, V.D. Logicheskoe obosnovanie principa Edzhvorta-Pareto // ZhVMiMF, 2002. T. 42, № 7. S. 951–957.

Информация о статье:
Статья поступила в редакцию: 25.07.2026; одобрена после рецензирования: 15.08.2026; принята к публикации: 20.08.2026
Information about the article:
The article was submitted to the editorial office: 25.07.2026; approved after review: 15.08.2026; accepted for publication: 20.08.2026

Информация об авторах:
Сытдыков Максим Равильевич, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sytdykov@igps.ru, http://orcid.org/ 0000-0002-5343-4764, SPIN-код: 7548-0539.
Абдуллаева Юлия Сергеевна, адъюнкт 1 курса факультета подготовки кадров высшей квалификации, Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 149), e-mail: ysabdullaeva@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-4716-6537, SPIN-код: 2175-2696.
Новиков Владислав Андреевич, курсант факультета инженерно-технического, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 149, e-mail: vera.lucevich@mail.ru).
Information about the authors:
Sytdykov Maxim R., head of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sytdykov@igps.ru, http://orcid.org / 0000-0002-5343-4764, SPIN code: 7548-0539.
Abdullayeva Yulia S., 1st year associate at the faculty of higher education training, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ysabdullaeva@mail.ru, https://orcid.org/0009-0002-4716-6537, SPIN code: 2175-2696.
Novikov Vladislav A., cadet of the faculty of engineering, Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149); e-mail: novikoff008@gmail.com.