

Научная статья

УДК 614.844.1; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-135-142

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЗА СЧЕТ ВЫБОРА ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО ВИДА КОМПРЕССОРА МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

✉ Сьтдыков Максим Равильевич;

Брусянин Дмитрий Владимирович;

Абдуллаева Юлия Сергеевна.

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

✉ [sydykov@igps.ru](mailto:sydykov@igps.ru)

*Аннотация.* Установки пожаротушения являются сложной системой с множеством элементов, основными из которых являются емкости для огнетушащих веществ, баллоны с газом, двигатель внутреннего сгорания, пожарный центробежный насос, компрессор, запорная арматура и др. В работе представлены данные по выбору наиболее предпочтительного вида компрессора, играющего главную роль в вытеснении огнетушащих веществ из установок пожаротушения. Правильный выбор компрессора, по мнению авторов, приводит к более эффективной и устойчивой работе всей установки.

В связи с этим возникает необходимость в проведении сравнительной оценки существующих в промышленности видов компрессоров по совокупности их показателей. С этой целью построена иерархическая структура многокритериальной оценки, с помощью которой определен наиболее предпочтительный вид компрессора. Предложены действия для дальнейшего исследования процесса вытеснения огнетушащего вещества из установок пожаротушения.

*Ключевые слова:* экспертная оценка, установки пожаротушения, компрессоры, метод анализа иерархий

**Для цитирования:** Сьтдыков М.Р., Брусянин Д.В., Абдуллаева Ю.С. Повышение эффективности установок пожаротушения за счет выбора предпочтительного вида компрессора методом анализа иерархий // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 3 (71). С. 135–142. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-135-142.

Scientific article

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF FIRE EXTINGUISHING INSTALLATIONS BY SELECTING THE PREFERRED TYPE OF COMPRESSOR USING THE HIERARCHY ANALYSIS METHOD**

✉ Sytdykov Maxim R.;

Brusyanin Dmitriy V.;

Abdullayeva Yuliya S.

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

✉ [sydykov@igps.ru](mailto:sydykov@igps.ru)

*Abstract.* Fire extinguishing installations are a complex system with many elements, the main of which are containers for extinguishing agents, gas cylinders, an internal combustion engine, a fire centrifugal pump, a compressor, shut-off valves, etc. The paper presents data on the selection of the most preferred type of compressor, which plays a major role

in the displacement of extinguishing agents from fire extinguishing installations. The right choice of compressor, in our opinion, leads to more efficient and stable operation of the entire installation.

In this regard, there is a need to conduct a comparative assessment of the types of compressors existing in the industry according to their totality. For this purpose, a hierarchical structure of a multi-criteria assessment has been built, with the help of which the most preferred type of compressor is determined. Actions are proposed for further investigation of the process of displacement of fire extinguishing agent from fire extinguishing installations.

*Keywords:* expert evaluation, fire extinguishing units, compressors, method of hierarchy analysis

**For citation:** Sydykov M.R., Brusyanin D.V., Abdullayeva Yu.S. Improving the efficiency of fire extinguishing installations by selecting the preferred type of compressor using the hierarchy analysis method // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 3 (71). P. 135–142. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-135-142.

## Введение

Проблемы, связанные с обеспечением противопожарной защиты объектов нефтегазового комплекса, в настоящее время достаточно актуальны, что подтверждают статистические данные по авариям и пожарам на данных объектах [1]. Применение мобильных средств пожаротушения (МСП) и установок пожаротушения (УПТ) может оказать значительное влияние на их живучесть и надежность при пожаре.

В Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России проводятся исследования в области разработки мобильных установок пожаротушения (МУПТ) с различными способами вытеснения огнетушащих веществ (ОТВ) [2–6]. Научная актуальность данного исследования заключена в недостаточной изученности влияния отдельных элементов МУПТ на ее эффективность.

Одним из основных элементов конструкции таких установок является компрессор [7, 8], предназначенный для повышения давления воздуха и его перемещения, обеспечивая бесперебойную подачу ОТВ к месту пожара. Виды рассматриваемых компрессоров, выбор которых обусловлен рядом одинаковых параметров [9], представлены на рис. 1.

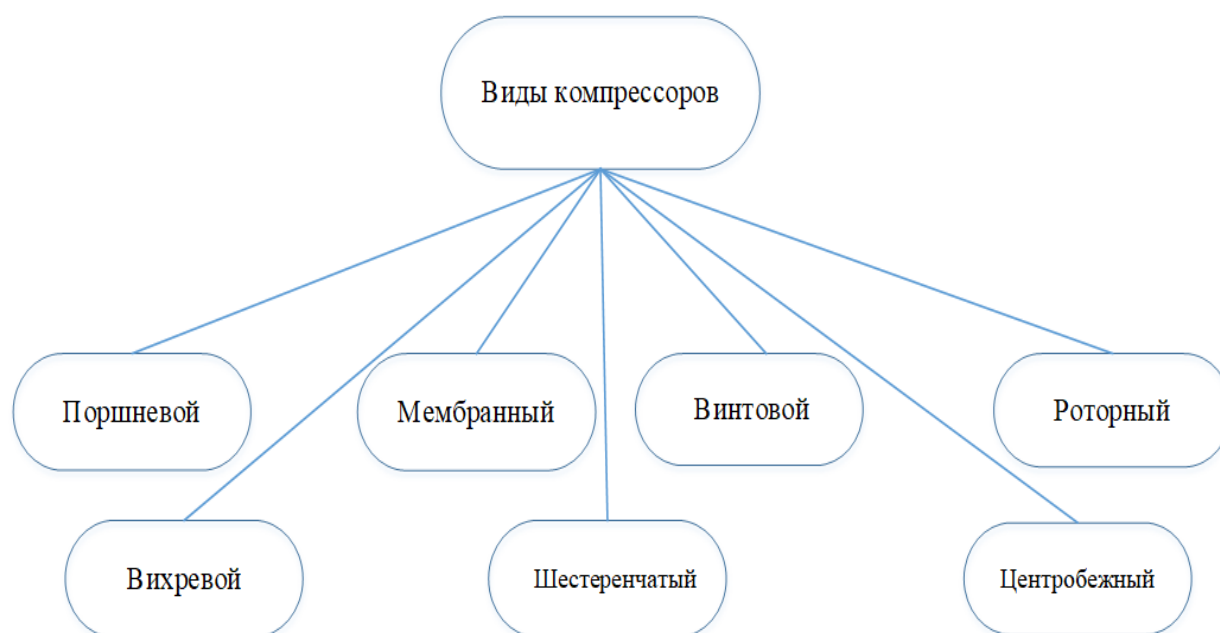


Рис. 1. Виды рассматриваемых компрессоров

Авторы предлагают в целях повышения эффективности МУПТ методом анализа иерархий определить наиболее предпочтительный вид компрессора.

Метод анализа иерархий состоит в декомпозиции проблемы на более простые составляющие и позволяет оценить виды компрессоров по совокупности их показателей.

### Метод исследования

Для выбора предпочтительного вида компрессора построена доминантная иерархия, представленная на рис. 2. Первым уровнем иерархии в данном случае является цель решаемой задачи, вторым уровнем – параметры компрессоров, уточняющие цель иерархии, третьим уровнем – виды компрессоров, которые оцениваются относительно их параметров.

Для решения поставленной задачи в соответствии с принятой шкалой группой экспертов внесены данные в разработанные матрицы попарного сравнения [10]. Анализ, обработка и синтез полученных результатов позволяет показать относительное взаимодействие элементов иерархии, выраженное в численном виде, а также определить наиболее предпочтительный вид компрессора.



Рис. 2. Иерархическая структура многокритериальной оценки по выбору предпочтительного вида компрессора

Для заполнения матриц эксперты используют общепринятую шкалу интенсивности относительной важности от 1 до 9 [11], где 9 соответствует очень сильному превосходству одного показателя над другим, 1 – равная важность.

В матрице представлено сравнение относительной важности параметров левых элементов с элементами матрицы наверху. Для наглядности матрица попарного сравнения второго уровня иерархии представлена в табл. 1.

Таблица 1

**Матрица попарного сравнения параметров компрессоров**

Параметры компрессоров	Мощность	Давление	Производительность	Уровень шума	Масса
Мощность	1	1	1/6	6	5
Давление	1	1	1/6	6	5
Производительность	6	6	1	9	9
Уровень шума	1/6	1/6	1/9	1	1/2
Масса	1/5	1/5	1/9	2	1

Для каждой матрицы попарного сравнения путем математических вычислений определены векторы приоритетов  $V$  ее величин, которые показывают относительное влияние множества элементов над элементом, находящимся на уровне выше. Достоверность и обоснованность использования результатов исследования подтверждено полученными численными значениями отношения согласованности (ОС) мнений экспертов для каждой матрицы попарного сравнения параметров компрессоров и их видов, которое должно составлять менее 10 %, чтобы быть приемлемым [11].

В ходе расчета ОС определены промежуточные величины, такие как индекс согласованности (ИС), который показывает численную степень нарушения согласованности, и наибольшее собственное значение матрицы  $\lambda_{\max}$ .

Таким образом, для матрицы попарного сравнения параметров компрессоров имеем:

$$V = (0,17; 0,17; 0,59; 0,03; 0,05); \lambda_{\max} = 5,42;$$

$$ИС = \frac{(5,42-5)}{5-1} = 0,11; ОС = \frac{0,1}{1,12} = 0,09.$$

Численные значения величин ОС, ИС и  $\lambda_{\max}$  по каждому из пяти представленных параметров компрессоров представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Численные значения величин ОС, ИС и  $\lambda_{\max}$  параметров компрессоров**

Величина	Параметры компрессоров				
	Мощность	Давление	Производительность	Уровень шума	Масса
$\lambda_{\max}$	6,6	6,5	6,6	6,5	6,6
ИС	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ОС	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09

Из табл. 2 видно, что полученные численные значения ОС каждого рассмотренного параметра компрессоров составляют менее 10 % и являются приемлемыми для дальнейших вычислений.

Локальные векторы приоритетов видов компрессоров по каждому параметру представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Локальные векторы приоритетов видов компрессоров по их параметрам**

Мощность	Давление	Производительность	Уровень шума	Масса
$V = (0,46; 0,24; 0,02; 0,01; 0,13; 0,05; 0,09)$	$V = (0,30; 0,11; 0,03; 0,03; 0,02; 0,03; 0,4)$	$V = (0,52; 0,02; 0,17; 0,05; 0,09; 0,06; 0,10)$	$V = (0,50; 0,10; 0,02; 0,03; 0,23; 0,06; 0,08)$	$V = (0,40; 0,25; 0,04; 0,03; 0,13; 0,09; 0,06)$

Путем вычисления интегрального показателя значимости определяем наиболее предпочтительный вид компрессора, при этом чем выше интегральный показатель значимости, тем предпочтительнее выбор того или иного компрессора. Численные значения интегрального показателя значимости представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Численные значения интегрального показателя значимости**

Виды компрессоров	Параметры компрессоров					Интегральный показатель значимости
	Мощность	Давление	Производительность	Уровень шума	Масса	
	0,17	0,17	0,59	0,03	0,05	
Поршневой	0,46	0,30	0,52	0,50	0,40	0,467
Мембранный	0,24	0,11	0,02	0,10	0,25	0,085
Винтовой	0,02	0,03	0,17	0,02	0,04	0,109
Вихревой	0,01	0,03	0,05	0,03	0,03	0,038
Роторный	0,13	0,02	0,09	0,23	0,13	0,089
Шестеренчатый	0,05	0,03	0,06	0,06	0,09	0,054
Центробежный	0,09	0,49	0,10	0,08	0,06	0,158

Для наглядности результаты вычисления представлены на рис. 3.

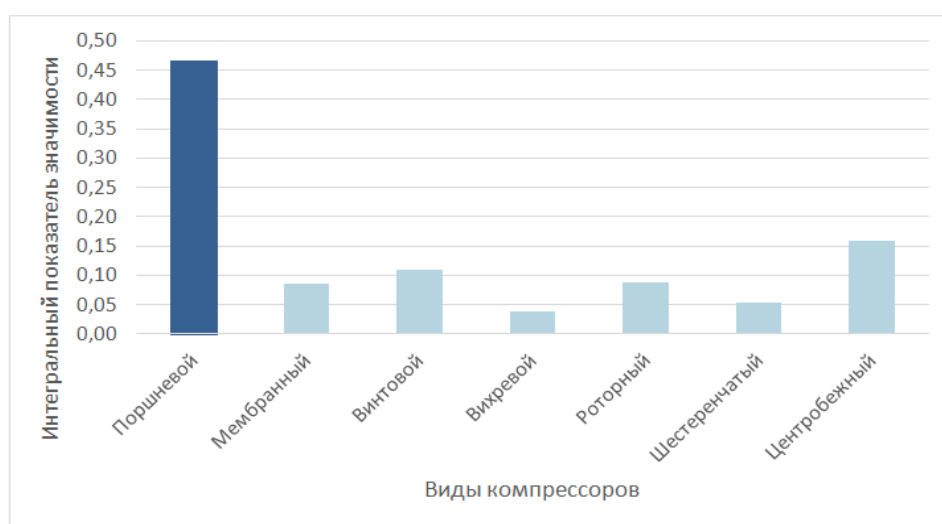


Рис. 3. Интегральный показатель значимости видов компрессоров

Полученные численные значения интегрального показателя значимости позволяют сделать вывод о наиболее предпочтительном виде компрессора. Таким образом, данные табл. 4 и рис. 3 показывают, что у поршневого вида компрессоров показатель значимости выше, чем у других видов, и составляет 0,467.

Проведенный сравнительный анализ технических характеристик воздушных компрессоров показал, что поршневые компрессоры по многим характеристикам уступают агрегатам винтового типа, показатель значимости которых составил 0,109 (рис. 3). Однако недостатками винтовых компрессоров являются высокая стоимость (в 6–10 раз выше поршневых) и требовательность к условиям эксплуатации, а большие производительность и моторесурс не всегда оправданы и необходимы для таких небольших систем, как МУПТ.

### Выводы

При оценке видов компрессоров по совокупности их параметров был определен наиболее предпочтительный вид компрессора, которым является поршневой. Применение данного вида компрессора в МУПТ позволит не только повысить эффективность установки, но и обеспечить устойчивую ее работу при тушении пожаров.

Однако выбор наилучшего поршневого компрессора для МУПТ, выпускаемого промышленностью, на основании показателей его технической эффективности требует дополнительных исследований. Такая работа проводится авторами.

### Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: Статистика пожаров и их последствий: стат. сб. / В.С. Гончаренко [и др.]. Балашиха: ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с. EDN LVXFQJ.
2. Универсальная установка пожаротушения: пат. RU 195837 U1 Рос. Федерация, МПК А62С 13/00 / Кожевин Д.Ф., Поляков А.С.; Сытдыков М.Р., Шилов А.Г.; заявитель и патентообладатель Кожевин Д.Ф., Поляков А.С.; Сытдыков М.Р., Шилов А.Г., – № 2019130908; заявл. 30.09.2019; опубл. 06.02.2020, Бюл. № 4. URL: <https://goo-gl.ru/6lMr> (дата обращения: 16.05.2023).
3. Шилов А.Г. Требования к макету экспериментальной универсальной установки пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 1 (61). С. 171–180. EDN VTNTRN.
4. Шилов А.Г., Сытдыков М.Р. Методика тушения пожаров на транспорте универсальной установкой пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом // Научн.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 4. С. 44–50. EDN ТВQHEK.
5. Крылов Д.А., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. Моделирование работы модуля приема, хранения, транспортирования и выдачи огнетушащих веществ универсальной установки пожаротушения // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 1 (21). С. 37–43. EDN YNDJAR.
6. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Иванов А.В. Оценка способов вытеснения огнетушащих веществ из средств пожаротушения, предназначенных для тушения углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 154–163. EDN MJAQYR.
7. Васильев В. Компрессоры – критерии выбора и эксплуатации // Главный энергетик. 2008. № 3. С. 74–77. EDN TEQSEX.
8. Васильев В. Компрессоры – критерии выбора и эксплуатации // Главный энергетик. 2008. № 2. С. 51–55. EDN TLMTHL.
9. ГОСТ 28567–90. Компрессоры. Термины и определения // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <docs.cntd.ru/document/1200011777> (дата обращения: 18.05.2024).

10. Формирование матрицы попарного сравнения для уменьшения риска при принятии решений / В.В. Паладьев [и др.] // Информациа и безопасность. 2014. Т. 17. № 3. С. 484–485. EDN SZGPRX.

11. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

### References

1. Pozhary i požarnaya bezopasnost' v 2021 godu: Statistika požarov i ih posledstvij: stat. sb. / V.S. Goncharenko [i dr.]. Balashiha: VNIPO MCHS Rossii, 2022. 114 s. EDN LVXFQJ.

2. Universal'naya ustanovka požarotusheniya: pat. RU 195837 U1 Ros. Federaciya, MPK A62C 13/00 / Kozhevin D.F., Polyakov A.S.; Sytdykov M.R., Shilov A.G.; zayavitel' i patentoobladatel' Kozhevin D.F., Polyakov A.S.; Sytdykov M.R., Shilov A.G., – № 2019130908; zayavl. 30.09.2019; opubl. 06.02.2020, Byul. № 4. URL: <https://goo-gl.ru/6lMp> (data obrashcheniya: 16.05.2023 g.).

3. Shilov A.G. Trebovaniya k maketu eksperimental'noj universal'noj ustanovki požarotusheniya s vytesneniem ognetushashchego veshchestva gazoporshnevym sposobom // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 1 (61). S. 171–180. EDN BTNTRN.

4. Shilov A.G., Sytdykov M.R. Metodika tusheniya požarov na transporte universal'noj ustanovkoj požarotusheniya s vytesneniem ognetushashchego veshchestva gazoporshnevym sposobom // Nauchn.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2021. № 4. S. 44–50. EDN TBQHEK.

5. Krylov D.A., Sytdykov M.R., Polyakov A.S. Modelirovanie raboty modulya priema, hraneniya, transportirovaniya i vydachi ognetushashchih veshchestv universal'noj ustanovki požarotusheniya // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2017. № 1 (21). S. 37–43. EDN YNDJAP.

6. Sytdykov M.R., Kozhevin D.F., Ivanov A.V. Ocenka sposobov vytesneniya ognetushashchih veshchestv iz sredstv požarotusheniya, prednaznachennyh dlya tusheniya uglevodorodov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 154–163. EDN MJAQYR.

7. Vasil'ev V. Kompresory – kriterii vybora i ekspluatatsii // Glavnyj energetik. 2008. № 3. S. 74–77. EDN TEQSEX.

8. Vasil'ev V. Kompresory – kriterii vybora i ekspluatatsii // Glavnyj energetik. 2008. № 2. S. 51–55. EDN TLMTHL.

9. GOST 28567–90. Kompresory. Terminy i opredeleniya // ELEKTRONNYJ FOND pravovoj i normativno-tekhnicheskoy dokumentatsii. URL: [docs.cntd.ru/document/1200011777](https://docs.cntd.ru/document/1200011777) (data obrashcheniya: 18.05.2024).

10. Formirovanie matricy poparnogo sravneniya dlya umen'sheniya riska pri prinyatii reshenij / V.V. Palad'ev [i dr.] // Informaciya i bezopasnost'. 2014. Т. 17. № 3. С. 484–485. EDN SZGPRX.

11. Саати Т. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij. М.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 28.02.2024; одобрена после рецензирования: 18.07.2024;  
принята к публикации: 09.09.2024

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 28.02.2024; approved after review: 18.07.2024;  
accepted for publication: 09.09.2024

*Информация об авторах:*

**Сытдыков Максим Равильевич**, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN-код: 7548-0539

**Брусянин Дмитрий Владимирович**, доцент кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, e-mail: brusyanin@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1145-8394>, SPIN-код: 3883-6067

**Абдуллаева Юлия Сергеевна**, курсант факультета инженерно-технического Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: abdullaevayulia55@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4716-6537>, SPIN-код: 2175-2696

*Information about the authors:*

**Sytdykov Maxim R.**, head of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry 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: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5343-4764>, SPIN: 7548-0539

**Brusyanin Dmitriy V.**, associate professor of the department of fire, emergency rescue equipment and automotive industry of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, e-mail: brusyanin@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1145-8394>, SPIN: 3883-6067

**Abdullayeva Juliya S.**, cadet of the faculty of engineering and technology of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: abdullaevayulia55@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-4716-6537>, SPIN: 2175-2696