

Научная статья

УДК 629.3.08; DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-31-38

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ВОЗДУШНОГО КОМПРЕССОРА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ МЧС РОССИИ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

✉ **Брусянин Дмитрий Владимирович;**

Иванов Андрей Владимирович;

Седов Андрей Дмитриевич.

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

✉ **brusyanin@igps.ru**

Аннотация. Для бесперебойной работы, а также эффективного и безопасного проведения технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей в пожарно-спасательных частях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России используются воздушные компрессоры. Воздушный поршневой компрессор позволяет создавать необходимое давление воздушного потока для работы пневмоинструмента. Поэтому актуальным вопросом является выбор модели компрессора с оптимальными параметрами. В работе проведена оценка технических параметров компрессоров методом экспертной оценки. По результатам проведенной оценки определены наиболее значимые параметры, влияющие на показатели надежности и эффективности компрессора, а также предложены оптимальные модели поршневых компрессоров для укомплектования постов технического обслуживания пожарно-спасательных частей и ремонтно-технических центров.

Ключевые слова: экспертная оценка, компрессор, технические параметры, пост технического обслуживания, пожарно-спасательная часть

Для цитирования: Брусянин Д.В., Иванов А.В., Седов А.Д. Выбор оптимальной модели воздушного компрессора для применения в подразделениях МЧС России методом экспертной оценки технических параметров // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2024. № 2 (50). С. 31–38. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-31-38.

Scientific article

SELECTION OF THE OPTIMAL AIR COMPRESSOR MODEL FOR USE IN THE DEPARTMENTS OF EMERCOM OF RUSSIA BY THE METHOD OF EXPERT ASSESSMENT OF TECHNICAL PARAMETERS

✉ **Brusyanin Dmitry V.;**

Ivanov Andrey V.;

Sedov Andrey D.

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

✉ **brusyanin@igps.ru**

Abstract. For smooth operation, as well as effective and safe maintenance and repair of fire trucks, air compressors are used in fire and rescue units of the federal fire service of the State fire service of EMERCOM of Russia. The air piston compressor allows you to create the necessary air flow pressure for the operation of the pneumatic tool. Therefore, an urgent issue is the choice of a compressor model with optimal parameters. The paper evaluates the technical parameters of compressors by the method of expert evaluation. Based on the results of the assessment, the most significant parameters affecting the reliability and efficiency of the compressor were determined, and optimal models of reciprocating compressors for staffing maintenance posts of fire and rescue units and repair and technical centers were proposed.

Keywords: expert assessment, compressor, technical parameters, maintenance post, fire and rescue unit

For citation: Brusyanin D.V., Ivanov A.V., Sedov A.D. Selection of the optimal air compressor model for use in the departments of EMERCOM of Russia by the method of expert assessment of technical parameters // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2024. № 2 (50). P. 31–38. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2-31-38.

Введение

Компрессор – это устройство, предназначенное для увеличения давления и объема воздушного или газового потока. Он используется в различных сферах деятельности, в том числе при тушении пожаров, проведении аварийно-спасательных работ, а также в обеспечении работоспособности оборудования и механизмов.

В соответствии с приложением 44.15 Приказа МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения системы МЧС России» [1] посты технического обслуживания пожарных автомобилей в пожарно-спасательных частях (ПСЧ) МЧС России должны быть укомплектованы воздушными компрессорами, которые применяются для создания потока сжатого воздуха, обеспечивающего работу пневматического инструмента.

Технические параметры компрессоров играют важную роль в обеспечении эффективности и безопасности проведения технического обслуживания и ремонта ТО и Р пожарных автомобилей в подразделениях МЧС России, что, в свою очередь, оказывает существенное влияние на своевременное реагирование подразделений на возникающие пожары и чрезвычайные ситуации.

В связи с этим возникает необходимость в проведении определения эффективности поршневых воздушных компрессоров методом оценки их технических параметров [2].

Методы исследования

Метод экспертной оценки является эффективным инструментом, который применяется в различных областях для получения качественных и достоверных оценок и прогнозов от специалистов в определенной области знаний. Основная цель метода заключается в использовании опыта и экспертного мнения для принятия взвешенных решений, основанных на коллективном интеллекте и опыте специалистов.

Для проведения экспертной оценки технических параметров поршневых воздушных компрессоров были привлечены эксперты, сведения о которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Информация об экспертах, участвовавших в опросе

Должность эксперта	Стаж работы, лет	Количество
Начальник отряда ФПС	20	1
Начальник ПСЧ ФПС	17	1
Заместитель начальника ПСЧ ФПС	10	1
Начальник караула ПСЧ	7	1
Старший водитель ПСЧ	10	1

*ФПС – федеральная противопожарная служба

Эксперты провели оценку (ранжирование) технических параметров, определенных на основании источника [3], в зависимости от их важности. Каждый из специалистов присвоил оценки от 1 до 10. При этом оценка 1 соответствует наиболее значимому критерию, а оценка 10 – наименее значимому. Если эксперт считает критерии равноценными, то их значение определяется как среднее значение их суммы [4–6]. Исходные результаты опроса представлены в табл. 2.

Матрица оценки технических параметров компрессоров

№ п/п	Наименование технического параметра компрессоров	Ранги					сумма рангов	d	d2
		№ эксперта							
		1	2	3	4	5			
1	Объем ресивера, л	10	8,5	6,5	9	7	41	13,45	180,903
2	Производительность на входе, л/мин	1	2	1	1,5	2	7,5	-20,05	402,003
3	Мощность двигателя, Вт	4,5	1	6,5	4	9	25	-2,55	6,503
4	Напряжение сети, В	3	3,5	3	6	3	18,5	-9,05	81,903
5	Давление, атм.	2	3,5	2	3	4	14,5	-13,05	170,303
6	Габариты, см	4,5	7	6,5	7	6	31	3,45	11,903
7	Обороты двигателя, об/мин	6,5	5,5	4	5	5	26	-1,55	2,403
8	Уровень шума, Дб	8,5	8,5	10	10	10	47	19,45	378,303
9	Масса, кг	8,5	10	9	8	8	43,5	15,95	254,403
10	Средняя стоимость, тыс. руб.	6,5	5,5	6,5	1,5	1,5	21,5	-6,05	36,603
11	Сумма оценок по каждому эксперту $\sum x_{ij}$	55	55	55	55	55	275,5		1525,225

Для проведения дальнейшего математического анализа определена степень согласованности суждений экспертов. Для этого определен коэффициент конкордации W , который находится в диапазоне от 0 до 1. Если мнения экспертов полностью совпадают, то значение коэффициента будет равно 1.

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \times m^2 (n^3 - n) - m \times \sum T_i},$$

где W – коэффициент конкордации (согласия); S – сумма рангов, присвоенных всеми экспертами, по столбцам матрицы.

$S = 1525,225$, следовательно:

$$W = \frac{1525,225}{\frac{1}{12} \times 5^2 (10^3 - 10) - 5 \times 8,5} = 0,76.$$

Обычно согласованность считается удовлетворительной, если $W > 0,5$, если $W > 0,7$, то согласованность считается хорошей. В данном случае коэффициент конкордации $W = 0,76$, что означает очень высокую степень согласованности мнений экспертов [7–9].

Величина уровня значимости параметров определяется с помощью критерия Пирсона. Для определения значимости коэффициента конкордации исчисляется критерий λ^2 .

$$\lambda^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \times m \times n \times (n+1) + \frac{1}{n-1} \times \sum T_i};$$

$$\lambda^2 = \frac{1525,25}{\frac{1}{12} \times 5 \times 10 \times (10+1) + \frac{1}{10-1} \times 8,5} = 33,98.$$

Полученный путем расчета λ^2 сравним с табличным значением для числа степеней свободы $k = 9$ и при заданной значимости $\alpha = 0,05$: приложение А [10, 11].

Так как λ^2 расчетный $33,98 \geq$ табличного $16,9$, то $W = 0,76$ – вычисленное значение может использоваться в дальнейших исследованиях и может учитываться [12, 13].

В соответствии с проведенными расчетами матрица оценки технических параметров компрессоров будет иметь следующий вид (табл. 3).

Матрица преобразованных рангов

Параметры компрессора, i	Эксперты, j					S_i , сумма рангов	Вес параметра σ_i
	1	2	3	4	5		
1	0	1,5	3,5	1	3	9	0,03991
2	9	8	9	8,5	8	42,5	0,1885
3	5,5	8,5	3,5	6,5	1	25	0,1109
4	7	6,5	7	4	7	31,5	0,1397
5	8	6,5	8	8	6	36,5	0,1619
6	5,5	3	3,5	3	4	19	0,08426
7	3,5	4,5	6	5	5	24	0,1064
8	1,5	1,5	0	0	0	3	0,0133
9	1,5	0	1	2	2	6,5	0,02882
10	3,5	4,5	3,5	8,5	8,5	28,5	0,1264
Итого						225,5	1

Максимальное значение относительного веса $\sigma = 0,1619$ является коэффициентом, определяющим степень предпочтения i -го параметра по сравнению с другими параметрами. Более важному критерию придается больший вес, при этом общая важность всех критериев остается обязательно равной единице.

Дальнейшее математическое преобразование проведено методом средних арифметических и медиан рангов. Результаты представлены в табл. 4 [14, 15].

Таблица 4

Результаты расчета технических параметров компрессоров

№ п/п	Наименование технического параметра	Сумма рангов	Среднее арифметическое рангов	Заключительный ранг по среднему арифметическому	Медианы рангов	Заключительный ранг по медианам	Итоговый ранг
1	Объем ресивера, л	41	8,2	8	8,5	8,5	8
2	Производительность на входе, л/мин	7,5	1,4	1	1,5	1	1
3	Мощность двигателя, Вт	25	5	5	4,5	4	5
4	Напряжение сети, В	18,5	3,7	3	3	2,5	3
5	Давление, атм.	14,5	2,9	2	3	2,5	2
6	Габариты, см	31	6,2	7	6,5	7	7
7	Обороты двигателя, об/мин	26	5,2	6	5	5	6
8	Уровень шума, Дб	47	9,4	10	8,5	8,5	10
9	Масса, кг	43,5	8,7	9	8,5	8,5	9
10	Средняя стоимость, тыс. руб.	21,5	4,3	4	5,5	6	4

На основании полученных данных была проведена оценка [3, 5] технических параметров поршневых компрессоров, представленных на рынке Российской Федерации. Оценка осуществлялась путем сравнения технических характеристик по рангам. Сводные данные по рабочим параметрам компрессоров приведены в табл. 5.

Таблица 5

Рабочие параметры оцениваемых компрессоров

Наименование модели	Числовые значения рабочих параметров компрессора, соответствующих номеру технического параметра в табл. 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ELECTROLITE 650/100	100	650	3000	220	10	110x39x84	2 850	55	80	37
ELECTROLITE 660/100-3	100	660	3000	380	10	120x46x80	2 880	55	90	39
Sturm AC936100OLE	100	720	4500	220	8	111x72x42	2 650	50	75	71
Парма К-4500/100БМ	100	711	4500	220	8	107x36x70	2 650	85	78	38
FUBAG B6800B/100 CT5	100	690	4000	380	10	105x45x95	1 050	86	75	89
FUBAG B6800B/200 CT5	200	690	4000	380	10	150x52x99	1 050	86	126	108
Энергомаш ГАРАНТ ВК1-100БМБ	100	720	4500	220	8	111x72x42	2 650	55	75	65
DAEWOO DAC 720S	100	720	4800	220	10	122x51x94	2 800	68	80,7	80
Moller AC680/100	100	680	2200	220	8	107x80x44	2 850	55	77	50
Patriot PTR 100-670	100	670	3000	380	10	100x54x80	1 100	80	97	47

Итоговые результаты оценки эффективности компрессора с заданными параметрами представлены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты оценки рангов эффективности компрессоров

Наименование модели	Ранжирование по производительности	Ранжирование по давлению	Ранжирование по напряжению	Ранжирование по стоимости	Сумма по рангам	Итоговый ранг
1	2	3	4	5	6	7
ELECTROLITE 650/100	10	1	1	2	14	3
ELECTROLITE 660/100-3	9	1	7	4	21	8
Sturm AC936100OLE	1	7	1	7	16	5
Парма К-4500/100БМ	4	7	1	1	13	2
FUBAG B6800B/100 CT5	5	1	7	9	22	9
FUBAG B6800B/200 CT5	5	1	7	10	23	10

1	2	3	4	5	6	7
Энергомаш ГАРАНТ ВК1-100БМБ	1	7	1	6	15	4
DAEWOO DAC 720S	1	1	1	8	11	1
Moller AC680/100	7	7	1	4	19	6,5
Patriot PTR 100-670	8	1	7	3	19	6,5

Заключение

Результаты проведенной экспертной оценки технических параметров компрессора показывают, что наиболее важными техническими параметрами компрессора при использовании на посту технического обслуживания являются производительность, давление, создаваемое компрессором при сжатии газа или жидкости, напряжение сети [3].

Самыми оптимальными оказались компрессоры, выпускаемые под брендами «DAEWOO DAC 720S» и «Парма К-4500/100БМ».

Данная оценка дает возможность более детального исследования технических параметров, влияющих на показатели надежности и защиты, которые позволяют использовать и обслуживать это оборудование для эффективной работы и достижения поставленных целей при техническом обслуживании пожарного автомобиля.

Список источников

1. Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения системы МЧС России: приказ МЧС России от 1 окт. 2020 г. № 737. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств в организационно-технических системах / Д.Ф. Кожевин [и др.] // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2023. № 4. С. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN NWHMER.
3. Сытдыков М.Р., Иванов А.В. Оценка эффективности технических средств порошкового пожаротушения методом экспертной оценки // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 4. С. 13–19.
4. Туревский И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта. М.: Изд-во Форум, Инфра-М, 2008.
5. Сытдыков М.Р., Брусянин Д.В., Иванов А.В. Определение значимости технических параметров специальной защитной одежды пожарного при эксплуатации в условиях низких температур методом экспертной оценки // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3 (67). С. 141–148. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-141-148. EDN SRAVMC.
6. Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования: учеб. пособие / Р.С. Фаскиев [и др.]. Оренбург: Оренбургский гос. ун-т; ЭБС АСВ, 2011. 261 с. EDN UGOQWB.
7. Таранцев А.А., Шилин К.Ю. Методы многопараметрической оптимизации в задачах выбора решений: учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России; ИПТ РАН, 2019. 31 с.
8. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учеб.: в 3-х ч. Ч. 2: Экспертные оценки. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 486 с.
9. Новиков В.Р. Применение метода экспертных оценок при выборе автомобилей категории М1G для оснащения подразделений МЧС России // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 164–171.
10. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 138 с.
11. Управление качеством электронной аппаратуры: сб. лабораторных работ / сост. Т.П. Абомелик. Ульяновск: УлГТУ, 2005 31 с.

12. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. 600 с.
13. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 472 с.
14. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
15. Гураков М.А., Кривоносов Е.О., Костюченко Е.Ю. Показатели качества систем распознавания пользователей по динамике подписи на основе наивного классификатора Байеса и нейронной сети // Труды МАИ. 2016. № 86.

References

1. Ob utverzhdenii rukovodstva po organizacii material'no-tehnicheskogo obespecheniya sistemy MCHS Rossii: prikaz MCHS Rossii ot 1 okt. 2020 g. № 737. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Metod mnogokriterial'noj ocenki effektivnosti tekhnicheskikh sredstv v organizacionno-tehnicheskikh sistemah / D.F. Kozhevnikov [i dr.] // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2023. № 4. S. 59–70. DOI: 10.61260/2218-130X-2024-2023-4-59-70. EDN NWHMER.
3. Sytdykov M.R., Ivanov A.V. Ocenka effektivnosti tekhnicheskikh sredstv poroshkovogo pozharotusheniya metodom ekspertnoj ocenki // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2022. № 4. S. 13–19.
4. Turevskij I.S. Tekhnicheskoe obsluzhivanie avtomobilej. Organizaciya hraneniya, tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobil'nogo transporta. M.: Izd-vo Forum, Infra-M, 2008.
5. Sytdykov M.R., Brusyanin D.V., Ivanov A.V. Opredelenie znachimosti tekhnicheskikh parametrov special'noj zashchitnoj odezhdy pozhnarnogo pri ekspluatatsii v usloviyah nizkikh temperatur metodom ekspertnoj ocenki // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 3 (67). S. 141–148. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-141-148. EDN SRAVMC.
6. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya i remont tekhnologicheskogo oborudovaniya: ucheb. posobie / R.S. Faskiev [i dr.]. Orenburg: Orenburgskij gos. un-t; EBS ASV, 2011. 261 s. EDN UGOQWB.
7. Tarancev A.A., Shilin K.Yu. Metody mnogoparametricheskoy optimizatsii v zadachah vybora reshenij: ucheb.-metod. posobie. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii; IPT RAN, 2019. 31 s.
8. Orlov A.I. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie: ucheb.: v 3-h ch. Ch. 2: Ekspertnye ocenki. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2011. 486 s.
9. Novikov V.R. Primenenie metoda ekspertnykh ocenok pri vybere avtomobilej kategorii M1G dlya osnashcheniya podrazdelenij MCHS Rossii // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 164–171.
10. Efimov V.V. Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom produkcii: ucheb. posobie. Ul'yanovsk: UIGTU, 2003. 138 s.
11. Upravlenie kachestvom elektronnoj apparatury: sb. laboratornykh rabot / sost. T.P. Abomelik. Ul'yanovsk: UIGTU, 2005 31 s.
12. Ivchenko G.I., Medvedev Yu.I. Vvedenie v matematicheskuyu statistiku. M.: Izd-vo LKI, 2010. 600 s.
13. Lagutin M.B. Naglyadnaya matematicheskaya statistika. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2009. 472 s.
14. Kobzar' A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. M.: FIZMATLIT, 2006. 816 s.
15. Gurakov M.A., Krivonosov E.O., Kostyuchenko E.Yu. Pokazateli kachestva sistem raspoznavaniya pol'zovatelej po dinamike podpisi na osnove naivnogo klassifikatora Bajesa i nejronnoj seti // Trudy MAI. 2016. № 86.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 03.05.2024; одобрена после рецензирования: 27.05.2024;
принята к публикации: 29.05.2024

Information about the article:

The article was submitted to the editorial office: 03.05.2024; approved after review: 27.05.2024;
accepted for publication: 29.05.2024

Информация об авторах:

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, SPIN-код: 3883-6067

Иванов Андрей Владимирович, преподаватель кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN-код: 9169-8325

Седов Андрей Дмитриевич, магистрант факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: asedovA1999@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7318-6175>

Information about the authors:

Brusyanin Dmitry 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, SPIN: 3883-6067

Ivanov Andrey V., lecturer at 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), e-mail: andrei-ivanov84@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-7886-2039>, SPIN: 9169-8325

Sedov Andrey D., master's student of the faculty of higher education of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: asedovA1999@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0007-7318-6175>