

Научная статья

УДК 614.844.1; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-141-148

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ**

**Сытдыков Максим Равильевич;**

**Брусянин Дмитрий Владимирович;**

✉ **Иванов Андрей Владимирович.**

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

✉ **[andrei-ivanov84@mail.ru](mailto:andrei-ivanov84@mail.ru)**

*Аннотация.* Статья посвящена вопросам обеспечения безопасности сотрудников МЧС России при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в условиях низких температур. Объектом исследования являются технические параметры боевой одежды пожарного. Целью данной работы является определение наиболее значимых технических параметров боевой одежды пожарного, влияющих на показатели надежности и защиты, при эксплуатации в условиях низких температур.

В работе проведена экспертная оценка значимости технических параметров боевой одежды пожарного при эксплуатации в условиях низких температур. На основании полученных данных выявлены наиболее значимые параметры боевой одежды пожарного, влияющие на показатели надежности и защиты в условиях низких температур.

*Ключевые слова:* боевая одежда пожарного, методика комплексной оценки, низкие температуры, технические параметры, экспертная оценка

**Для цитирования:** 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.

Scientific article

## **DETERMINATION OF THE SIGNIFICANCE OF THE TECHNICAL PARAMETERS OF THE SPECIAL PROTECTIVE CLOTHING OF A FIREFIGHTER DURING OPERATION AT LOW TEMPERATURES BY THE METHOD OF EXPERT EVALUATION**

**Sytdykov Maxim R.;**

**Brusyanin Dmitry V.;**

✉ **Ivanov Andrey V.**

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

✉ **[andrei-ivanov84@mail.ru](mailto:andrei-ivanov84@mail.ru)**

*Abstract.* The article is devoted to the issues of ensuring the safety of employees of EMERCOM of Russia when extinguishing fires and conducting emergency rescue operations at low temperatures. The object of the study is the technical parameters of the firefighter's combat clothing. The purpose of this work is to determine the most significant technical parameters that affect the reliability and protection indicators when operating at low temperatures.

The paper provides an expert assessment of the significance of the technical parameters of the firefighter's combat clothing during operation at low temperatures. Based on the data

obtained, the most important parameters of the firefighter's combat clothing that affect the reliability and protection indicators in low temperature conditions are identified.

*Keywords:* firefighter's combat clothing, integrated assessment methodology, low temperatures, technical parameters, expert assessment

**For citation:** Sytdykov M.R., Brusyanin D.V., Ivanov A.V. Determination of the significance of the technical parameters of the special protective clothing of a firefighter during operation at low temperatures by the method of expert evaluation // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 3 (67). P. 141–148. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-141-148.

## Введение

Наиболее частыми причинами травмирования и гибели сотрудников МЧС России на территории Российской Федерации являются воздействие высоких температур и открытого огня, возникающих при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ [1]. Для защиты пожарных от данных травмирующих факторов применяется специальная защитная одежда, наиболее распространенной из которой является боевая одежда пожарного (БОП). С целью прохождения процедуры сертификации новых образцов БОП организации-производители осуществляют проведение испытаний одежды, в результате которых определяются значения таких параметров, как: время наступления критических температурных показателей и показателей защиты пожарного, а также изменений защитных свойств материалов, из которых изготовлена одежда. Данные испытания проводятся по методикам, описанным в работах [2–7] и включают в себя ряд теоретических и экспериментальных исследований. В этих исследованиях оценка проводится по таким показателям, как: значение предельной температуры подкостюмного пространства, угрожающей жизни и здоровью пожарного; время достижения предельной температуры подкостюмного пространства; изменение технических и качественных показателей материалов и тканей, используемых при изготовлении БОП; термическое разрушение элементов БОП; физиологические параметры пожарного. Система экспериментальных проверок (лабораторные, огневые полигонные и эксплуатационные) позволяет проверять БОП по показателям защиты, эргономики, надежности.

Результаты данных исследований легли в основу разработки нормативно-правовой базы [8, 9] для определения минимальных требований к техническим параметрам изделий.

Однако данные исследования не учитывают значимость влияния тех или иных технических параметров БОП на показатели надежности и защиты при эксплуатации в условиях низких температур. В связи с этим возникает необходимость определения значимости влияния таких технических параметров методом экспертной оценки.

## Проведение экспертной оценки

Определение значимости влияния технических параметров БОП на показатели надежности и защиты при эксплуатации в условиях низких температур выполнено на основе мнений пяти специалистов [10], обобщенные сведения о которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Сведения об экспертах, привлеченных к опросу

Занимаемая должность	Стаж работы, лет	Количество
Заместитель начальника Главного управления МЧС России по субъекту (по Государственной противопожарной службе)	23	1
Начальник отряда федеральной противопожарной службы	18	2
Заместитель начальника службы пожаротушения – начальник дежурной смены	19	1
Начальник караула пожарной части	15	1

Эксперты провели ранжирование технических параметров, определенных на основании [8], в зависимости от степени значимости их влияния на показатели надежности и защиты при эксплуатации в условиях низких температур. Каждый из экспертов проставил ранги от 1 до 15. При этом рангу 1 соответствует самый значимый параметр, рангу 15 – наименее значимый. В случае если эксперт считает параметры равноценными, то их значение определяется как среднее их суммы, первичные результаты опроса представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Матрица ранжирования значимости технических параметров БОП

№ п/п	Наименование технического параметра БОП	Ранги					Сумма рангов
		№ эксперта					
		1	2	3	4	5	
1	Водонепроницаемость материалов при статическом давлении 1 000 мм вод. ст.	1	1	2	2	2,5	8,5
2	Время надевания	15	9	15	13	11,75	63,75
3	Жесткость	14	8	13	10	11,75	56,75
4	Защита от воздействия теплового потока	2	6	1	7	2,5	18,5
5	Масса	9	7	5	4	7,5	32,5
6	Морозостойкость	12	3	14	8	2,5	39,5
7	Теплопроводность, теплоизоляция подкладки	3	2	6	3	4,5	18,5
8	Устойчивость к многократному изгибу	10	15	8	14	11,75	58,75
9	Устойчивость к однократному воздействию открытого пламени	5	5	11	6	7,5	34,5
10	Устойчивость материалов к воздействию открытого пламени	4	4	9	5	4,5	26,5
11	Устойчивость материалов к воздействию температуры окружающей газовой среды до 300 °С	8	10	10	11	7,5	46,5
12	Устойчивость материалов к воздействию теплового потока 40 кВт/м <sup>2</sup>	6	12	3	12	4,5	37,5
13	Устойчивость материалов к истиранию	11	11	4	15	11,75	52,75
14	Устойчивость материалов к контакту с нагретыми до 400 °С твердыми поверхностями	7	13	12	9	7,5	48,5
15	Цена	13	14	7	1	15	50

По матрице определены суммы рангов (значимость) каждого параметра (чем величина суммы рангов меньше, тем вариант предпочтительнее для выбора).

Для проведения дальнейшего математического анализа определена степень согласованности суждений экспертов, статистическая значимость исследования (р-уровень), а также уровень распределения суждений экспертов. Согласованность мнений экспертов оценивается по коэффициенту конкордации  $C$ , который лежит в пределах от 0 до 1 – если мнения экспертов полностью совпадают, то  $C = 1$ , а если имеет полный «разнобой» в мнениях экспертов, то  $C = 0$ . Величина  $C$  в общем случае находится по формуле:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta_i^2}{E^2 \frac{N^3 - N}{12}} - E \sum_{i=1}^N T_i,$$

где  $\Delta^2 = \sum_{k=1}^E r_{ki} - 0,5E \cdot (N + 1)$ .

За критическое значение при расчете коэффициента конкордации, сравнивая семь и более параметров, принимается значение, равное 0,3.

Р-уровень – это оцененная мера значимости результата, указывающая на уверенность в его «истинности» («репрезентативности выборки») и являющаяся показателем надежности результата [11].

Чем выше р-уровень, тем более низкая статистическая значимость исследования. Этот показатель представляет вероятность ошибки, связанной с распространением наблюдаемого результата на всю матрицу параметров.

Для нашего исследования показатель  $p \leq 0,05$  не является приемлемым пределом статистической значимости, поскольку это указывает на довольно высокую вероятность ошибки – 5 % [12].

Результаты статистической значимости на уровне  $p < 0,01$  рассматриваются как статистически значимые, а результаты с уровнем  $p < 0,005$  или  $p < 0,001$  – как высоко значимые [12].

Для определения вышеизложенных параметров использовался программный продукт STATISTICA Automated Neural Networks (рис. 1).

Перем.	Ранговый ДА Фридмана и конкордация Кендалла (Данные)			
	Средн. ранг	Сумма Рангов	Среднее	Ст.откл.
Пер1	1,60000	8,00000	1,70000	0,670820
Пер4	3,60000	18,00000	3,70000	2,636285
Пер7	3,80000	19,00000	3,70000	1,565248
Пер10	5,40000	27,00000	5,30000	2,109502
Пер5	6,70000	33,50000	6,50000	2,000000
Пер9	7,10000	35,50000	6,90000	2,509980
Пер12	7,60000	38,00000	7,50000	4,242641
Пер6	7,80000	39,00000	7,90000	5,176872
Пер11	9,50000	47,50000	9,30000	1,483240
Пер14	9,90000	49,50000	9,70000	2,683282
Пер15	10,00000	50,00000	10,00000	5,916080
Пер13	10,70000	53,50000	10,55000	4,017151
Пер3	11,50000	57,50000	11,35000	2,395308
Пер8	11,90000	59,50000	11,75000	2,861381
Пер2	12,90000	64,50000	12,75000	2,512469

Рис. 1. Интерфейс программы STATISTICA Automated Neural Networks по оценке коэффициента конкордации и уровня статистической значимости технических параметров БОП

На рис. 2 представлена диаграмма распределения суждений экспертов, позволяющая визуально оценить степень зависимости между параметрами.

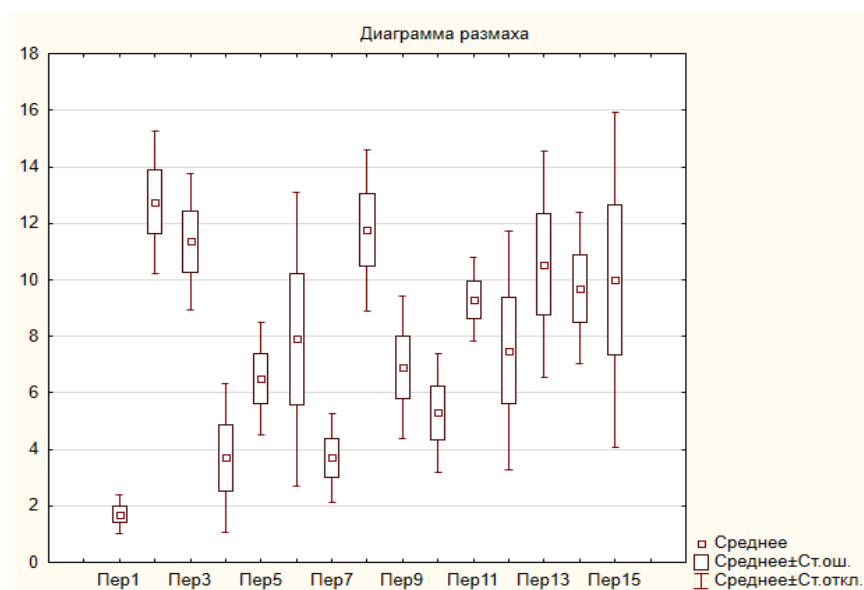


Рис. 2. Диаграмма распределения суждений экспертов

Подтвердив с помощью программного продукта STATISTICA Automated Neural Networks правильность и допустимость применения распределения суждений экспертов, степень согласованности мнений экспертов, а также статистическую значимость исследования, был проведен математический анализ полученных экспертных оценок.

Для проведения анализа полученных данных использованы методы средних арифметических и медиан рангов [13, 14]. Это сделано с целью нивелирования субъективизма при обработке исходных экспертных оценок и получения реальной действительности. Эта рекомендация подтверждается общенаучной концепцией устойчивого развития, которая предписывает использовать различные методы анализа одних и тех же данных для получения выводов, полученных одновременно всеми методами.

Результаты математического анализа вышеуказанными методами приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результат экспертной оценки значимости технических параметров БОП при эксплуатации  
в условиях низких температур**

№ п/п	Наименование технического параметра	Сумма рангов	Среднее арифметическое рангов	Итоговый ранг по среднему арифметическому	Медианы рангов	Итоговый ранг по медианам	Итоговый ранг
1	Водонепроницаемость материалов при статическом давлении 1 000 мм вод. ст.	8,5	1,7	1	2	1	1
2	Время надевания	63,75	12,75	15	13	14,5	15
3	Жесткость	56,75	11,35	13	11,75	12,5	12,5
4	Защита от воздействия теплового потока	18,5	3,7	2,5	2,5	2	2
5	Масса	32,5	6,5	5	7	7	6
6	Морозостойкость	39,5	7,9	8	8	8	8
7	Теплопроводность, теплоизоляция подкладки	18,5	3,7	2,5	3	3	3
8	Устойчивость к многократному изгибу	58,75	11,75	14	11,75	12,5	14
9	Устойчивость к однократному воздействию открытого пламени	34,5	6,9	6	6	5,5	5
10	Устойчивость материалов к воздействию открытого пламени	26,5	5,3	4	4,5	4	4
11	Устойчивость материалов к воздействию температуры окружающей газовой среды до 300 °С	46,5	9,3	9	10	10	9,5
12	Устойчивость материалов к воздействию теплового потока 40 кВт/м <sup>2</sup>	37,5	7,5	7	6	5,5	7
13	Устойчивость материалов к истиранию	52,75	10,55	12	11	11	11

№ п/п	Наименование технического параметра	Сумма рангов	Среднее арифметическое рангов	Итоговый ранг по среднему арифметическому	Медианы рангов	Итоговый ранг по медианам	Итоговый ранг
14	Устойчивость материалов к контакту с нагретыми до 400 °С твердыми поверхностями	48,5	9,7	10	9	9	9,5
15	Цена	50	10	11	13	14,5	12,5

### Заключение

В результате проведенной экспертной оценки значимости технических параметров БОП при эксплуатации в условиях низких температур определены такие параметры, как: водонепроницаемость материалов при статическом давлении 1 000 мм водяного столба, защита от воздействия теплового потока; теплопроводность и теплоизоляция подкладки; устойчивость материалов к воздействию открытого пламени; устойчивость к однократному воздействию открытого пламени.

Данная оценка дает возможность более детального исследования технических параметров, влияющих на показатели надежности и защиты.

Данные исследования могут быть применимы при разработке и производстве новых образцов средств защиты пожарного, в том числе для эксплуатации в условиях низких температур, а также с целью достижения наилучших показателей защиты и надежности позволяют обратить внимание на улучшение определенных технических параметров.

### Список источников

1. Анализ травматизма и гибели личного состава МЧС России за 2022 год. URL: <https://fireman.club/literature/analiz-travmatizma-i-gibeli-lichnogo-sostava-mchs-rossii-za-2022-god/> (дата обращения: 23.06.2023).
2. Сорокин Д.В. Проектирование и исследование свойств теплозащитного композиционного текстильного материала для боевой одежды пожарного: автореф. дис. ... к-та техн. наук. Иваново: Ивановская. пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2021. 40 с.
3. Логинов В.И. Конструирование и комплексная оценка качества специальной защитной одежды пожарных: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожарной обороны, 2010. 48 с.
4. Кузнецов А.А. Исследование изменения защитных свойств боевой одежды пожарных при многоцикловых эксплуатационных воздействиях // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2014. № 2. С. 38–45.
5. Болибрух Б.В., Хмель М. Разработка и верификация расчетной модели теплового состояния теплозащитной одежды пожарного при различных видах испытаний // CNBOP-PIB. 2015. Vol. 38. Iss. P. 53–61.
6. Гусаров А.М., Кузнецов А.А. Оценка и прогнозирование теплозащитных свойств пакетов материалов для специальной защитной одежды пожарных: монография. Витебск: УО «ВГТУ», 2017. 174 с.
7. Влияние температурно-влажностного режима подкостюмного пространства на защитные свойства боевой одежды пожарного / Д.В. Сорокин [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2018. № 2 (27). С. 12–16.
8. ГОСТ Р 53264–2019. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стандартинформ, 2019. 45 с.
9. НПБ 157–99. Боевая одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний (утв. приказом ГУГПС МВД Рос. Федерации от 12 авг. 1999 г. № 61) (в ред. от 30 дек. 2002 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Рупосов В.Л. Методы определения количества экспертов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 3 (98). С. 286–292.
11. Brownlee K.A. Statistical theory and methodology in science and engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1960. P. 236.
12. Климова Е.В. Методы дескриптивной статистики в анализе токсичных составляющих отработавших газов судовых дизелей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Морская техника и технология. 2010. № 2. С. 88–95.
13. Таранцев А.А., Шилин К.Ю. Методы многопараметрической оптимизации в задачах выбора решений: учеб.-метод. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России; ИПТ РАН, 2019. 31 с.
14. 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.

## References

1. Analiz travmatizma i gibeli lichnogo sostava MCHS Rossii za 2022 god. URL: <https://fireman.club/literature/analiz-travmatizma-i-gibeli-lichnogo-sostava-mchs-rossii-za-2022-god/> (data obrashcheniya: 23.06.2023).
2. Sorokin D.V. Proektirovanie i issledovanie svojstv teplozashchitnogo kompozicionnogo tekstil'nogo materiala dlya boevoy odezhdy pozharnogo: avtoref. dis. ... k-ta tekhn. nauk. Ivanovo: Ivanovskaya. pozh.-spas. akad. GPS MCHS Rossii, 2021. 40 s.
3. Loginov V.I. Konstruirovaniye i kompleksnaya ocenka kachestva special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnyh: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. M.: Vseros. nauch.-issled. in-t protivopozharnoy oborony, 2010. 48 s.
4. Kuznecov A.A. Issledovanie izmeneniya zashchitnyh svojstv boevoy odezhdy pozharnyh pri mnogociklovyh ekspluatatsionnyh vozdeystviyah // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 2. S. 38–45.
5. Bolibrubh B.V., Hmel' M. Razrabotka i verifikaciya raschetnoj modeli teplovogo sostoyaniya teplozashchitnoj odezhdy pozharnogo pri razlichnyh vidah ispytaniy // CNBOP-PIB. 2015. Vol. 38. Iss. P. 53–61.
6. Gusarov A.M., Kuznecov A.A. Ocenka i prognozirovaniye teplozashchitnyh svojstv paketov materialov dlya special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnyh: monografiya. Vitebsk: UO «VGTU», 2017. 174 с.
7. Vliyanie temperaturno-vlazhnostnogo rezhima podkostyumnogo prostranstva na zashchitnye svojstva boevoy odezhdy pozharnogo / D.V. Sorokin [i dr.] // Sovremennyye problemy grazhdanskoj zashchity. 2018. № 2 (27). S. 12–16.
8. GOST R 53264–2019. Odezhda pozharnogo special'naya zashchitnaya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. M.: Standartinform, 2019. 45 с.
9. NPB 157–99. Boevaya odezhda pozharnogo. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy (utv. prikazom GUGPS MVD Ros. Federacii ot 12 avg. 1999 g. № 61) (red. ot 30 dek. 2002 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
10. Ruposov V.L. Metody opredeleniya kolichestva ekspertov // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2015. № 3 (98). S. 286–292.
11. Brownlee K.A. Statistical theory and methodology in science and engineering. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1960. P. 236.
12. Klimova E.V. Metody deskriptivnoj statistiki v analize toksichnyh sostavlyayushchih otrabotavshih gazov sudovyh dizelej // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Morskaya tekhnika i tekhnologiya. 2010. № 2. S. 88–95.
13. Tarancev A.A., Shilin K.Yu. Metody mnogoparametricheskoy optimizacii v zadachah vybora reshenij: ucheb.-metod. posobie. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii; IPT RAN, 2019. 31 с.

14. Orlov A.I. Organizacionno-ekonomicheskoe modelirovanie: ucheb.: v 3-h ch. Ch. 2: Ekspertnye ocenki. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2011. 486 s.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 05.07.2023; одобрена после рецензирования: 31.08.2023; принята к публикации: 01.09.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 05.07.2023; approved after review: 31.08.2023; accepted for publication: 01.09.2023

*Сведения 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

**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

*Information about the authors:*

**Sytdykov Maxim R.**, head of the department of fire, 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 Dmitry V.**, associate professor of the department of fire, 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

**Ivanov Andrey V.**, lecturer of the department of fire, 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