

## СОЗДАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ КОМПРЕССИОННОЙ ПЕНЫ ПРИ ПОДАЧЕ ПО ПОЖАРНЫМ РУКАВАМ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Алешков Михаил Владимирович, Гумиров Андрей Сергеевич  
Академия ГПС МЧС России, г. Москва, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье представлен измерительный комплекс, созданный специально для углубленного изучения процесса охлаждения компрессионной пены, транспортируемой по пожарным рукавам, и предназначенный для исследования теплофизических свойств пены в различных климатических условиях, в т. ч. и при низких температурах. Описаны тщательно проработанная методика проведения экспериментальных исследований, а также разработанная программа, обеспечивающая структурированный сбор и обработку данных. Ключевая цель исследования — определение параметров охлаждения компрессионной пены при ее подаче по пожарным рукавам в условиях низких температур, что имеет решающее значение для эффективного тушения пожаров. Экспериментально были определены численные значения, характеризующие процесс охлаждения компрессионной пены при ее прохождении по пожарному рукаву длиной 20 м, позволяющие количественно оценить теплотери и изменения свойств пены во время транспортировки по пожарным рукавам. На основе полученных данных были построены графические зависимости, отражающие влияние кратности компрессионной пены и ее массового расхода на процесс охлаждения. Анализ этих связей позволяет оптимизировать параметры подачи пены для достижения максимальной эффективности охлаждения в условиях низких температур. Полученные результаты представляют собой важный вклад в развитие и применение технологии компрессионной пены в тушении пожаров при отрицательных температурах.

**Ключевые слова:** компрессионная пена, пеновоздушная смесь, пеногенерирующая установка, низкие температуры, специально разработанный измерительный комплекс

**Для цитирования:** Алешков М. В., Гумиров А. С. Создание измерительного комплекса для определения охлаждения компрессионной пены при подаче по пожарным рукавам в условиях низких температур // Техносферная безопасность. 2025. № 2 (47). С. 69–80.

## CREATION OF A MEASURING COMPLEX FOR DETERMINING THE COOLING OF COMPRESSION FOAM WHEN DELIVERED THROUGH FIRE HOSES IN LOW TEMPERATURE CONDITIONS

Mikhail V. Aleshkov, Andrey S. Gumirov  
The Academy of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** The article presents a measuring complex created specifically for an in-depth study of the cooling process of compression foam transported through fire hoses, and designed to study the thermophysical properties of foam in various climatic conditions, including at low temperatures.

A carefully developed methodology for conducting experimental research is described, as well as a developed program that provides structured data collection and processing.

The key objective of the study is to determine the parameters of cooling of compression foam when it is supplied through fire hoses in low-temperature conditions, which is crucial for effective fire extinguishing. Numerical values characterizing the process of cooling the compression foam when it passes through a 20 m long fire hose were experimentally determined, which make it possible to quantify heat loss and changes in foam properties during transportation through fire hoses.

Based on the data obtained, graphical dependencies were constructed reflecting the effect of the multiplicity of compression foam and its mass consumption on the cooling process. The analysis of these relationships makes it possible to optimize the foam supply parameters to achieve maximum cooling efficiency at low temperatures. The results obtained represent an important contribution to the development and application of compression foam technology in extinguishing fires at subzero temperatures.

**Keywords:** compression foam, foam-air mixture, foam generating unit, low temperatures, specially designed measuring system

**For Citation:** Aleshkov M. V., Gumirov A. S. Creation of a measuring complex for determining the cooling of compression foam when delivered through fire hoses in low temperature conditions // Technospheric safety. 2025. № 2 (47). pp. 69–80.

## Введение

Пожары происходят на территории всей страны, но самые затяжные и трудные случаются в регионах с холодными климатическими условиями, т. к. на работоспособность рукавных линий и транспортировку огнетушащих веществ по насосно-рукавным системам особенно негативно влияют отрицательные температуры воздуха.

На сегодняшний день при тушении пожаров на объектах энергетики в описанных условиях в основном используется пена с различными добавками. Это связано с тем, что основную пожарную нагрузку на объектах энергетики составляют горючие жидкости и полимерные материалы, ликвидация горения которых затрудняется при применении воды и других огнетушащих веществ.

Пену можно получить несколькими способами. Эти способы легли в основу их классификации: химические и воздушно-механические. Для нужд пожарной охраны чаще всего используют воздушно-механические пены (далее — ВМП) [1]. Основным принципом получения таких пен является механическая эжекция воздуха или газа с рабочим раствором пенообразователя, а также использование специальных поверхностно-активных веществ пенообразователя.

Исследованиями в области тушения пожаров при низких температурах занимались многие ученые. Так, в рамках работы научной школы «Разработка, создание и эксплуатация пожарной и аварийно-спасательной техники», сформировавшейся в Академии ГПС МЧС России более 50 лет назад, было проведено много исследований в обла-

сти обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем пожарной техники при отрицательных температурах [2, 3]. Все проведенные ранее исследования были направлены на изучение воды в качестве огнетушащего вещества.

В настоящее время существует необходимость изучения новых средств пожаротушения, которые можно применять для ликвидации горения на объектах энергетики в сложных климатических условиях, а именно при воздействии отрицательных температур окружающей среды.

С учетом анализа огнетушащих веществ, применяемых при ликвидации горения на объектах энергетики, можно сделать вывод о том, что основным средством борьбы с огнем в обозначенных обстоятельствах является ВМП. Применение ВМП не всегда эффективно в таких ситуациях. Поскольку в составе пены имеется большое количество воды, то, соответственно, при отрицатель-

ных значениях температуры она замерзает, что в значительной мере осложняет оперативную обстановку в зоне тушения пожара. В таком случае наиболее подходящим средством тушения пожаров является компрессионная пена. Пена, полученная этим способом, отличается от ВМП своими физическими свойствами.

### Результаты и их обсуждение

Для изучения процесса охлаждения пены, полученной компрессионным способом при подаче по пожарным напорным рукавам в неблагоприятных метеорологических условиях, в т. ч. в условиях низких температур окружающего воздуха, был разработан специальный измерительный комплекс [4].

Специальный измерительный комплекс включает в себя напорные рукавные вставки гостированного диаметра условного прохода DN50, DN65, DN80 (рис. 1). На



Рис. 1. Рукавные вставки различного диаметра с измерительным прибором и источником питания  
Fig. 1. Sleeve inserts of various diameters with measuring device and power supply

обоих концах вставок установлены соединительные головки. Их поверхность обернута специальным теплоизолирующим материалом, чтобы теплопроводность участка вставки приблизилась к теплопроводности материала рукава.

На рукавных вставках смонтированы гаечные соединения, в которые устанавливаются датчики для проведения измерений температуры компрессионной пены, движущейся по пожарным напор-

ным рукавам. Такой датчик на аккумуляторных батареях передает показания с помощью специального радиоприемника на приемный прибор.

С приемного прибора данные о температуре передаются по радиоканалу к приемному устройству (ноутбуку) (рис. 2). Дальность передачи сигнала по радиоканалу достигает не менее 350 м.

Полученные данные фиксируются в специальной программе на ноутбуке (рис. 3).



Рис. 2. Приемное устройство в измерительном комплексе (ноутбук)

Fig. 2. Receiving device in the measuring complex (laptop)

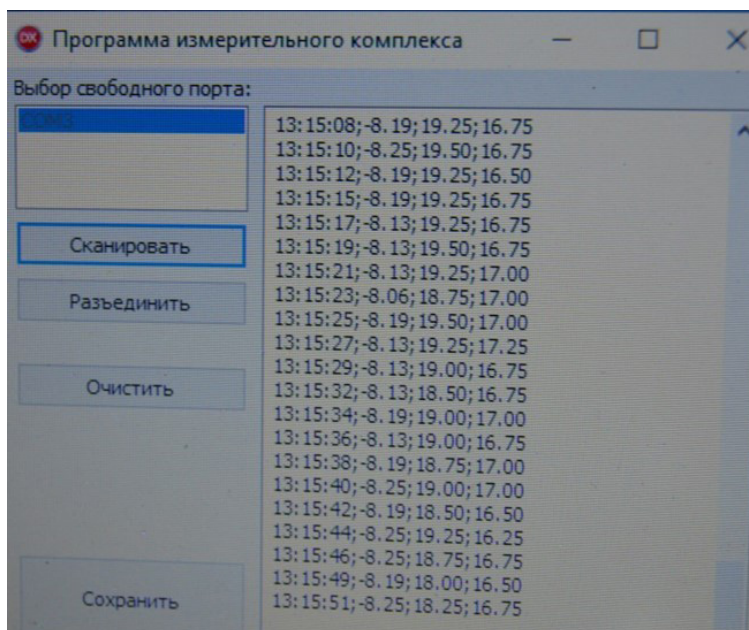


Рис. 3. Прием данных исследований на ноутбук измерительного комплекса

Fig. 3. Reception of research data on the laptop of the measuring complex

К приемному устройству подключен еще один температурный датчик, с помощью которого фиксируется температура окружающей среды. В реальном времени записыва-

ются параметры измерений и на приемное устройство (ноутбук) передаются данные. Параметры специального измерительного комплекса приведены в табл. 1.

**Таблица 1**  
**Характеристики температурных датчиков с приемным устройством**

Table 1  
Characteristics of temperature sensors with a receiving device

| № п/п | Наименование параметра<br>The name of the parameter                                                                    | Значение<br>Meaning                      |      |      |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|------|
| 1     | Пределы измерения температуры окружающей среды<br>Temperature measurement limits of the environment                    | От –50 до +125 °C<br>From –50 to +125 °C |      |      |
| 2     | Погрешность измерений температуры окружающей среды<br>Error in ambient temperature measurements                        | ±0,5 %                                   |      |      |
| 3     | Пределы измерения температуры в рукавных вставках<br>Temperature measurement limits in sleeve inserts                  | От –50 до +600 °C<br>From –50 to +600 °C |      |      |
| 4     | Тип крепления температурных датчиков к рукавным вставкам<br>Type of fastening of temperature sensors to sleeve inserts | M8                                       |      |      |
| 5     | Длина рабочей части датчика температуры<br>Length of the working part of the temperature sensor                        | 30 мм<br>30 mm                           |      |      |
| 6     | Погрешность измерения температуры в рукавных вставках<br>Temperature measurement error in sleeve inserts               | ±0,5 %                                   |      |      |
| 7     | Расстояние передачи радиосигнала<br>Radio transmission distance                                                        | Не менее 350 м<br>Not less 350 m         |      |      |
| 8     | Типоразмеры рукавных вставок<br>Sizes of sleeve inserts                                                                | DN50                                     | DN65 | DN80 |

Для оценки процессов охлаждения пены, полученной компрессионным способом, при ее движении по напорным пожарным рукавам в условиях низких температур использовался разработанный измерительный комплекс. На рис. 4 изображено подключение вставки измерительного комплекса в насосно-рукавную систему при подаче компрессионной пены [5, 9].

Экспериментальные исследования проводились при различных метеорологических условиях на территории Московской области и г. Екатеринбурга. Целью экспериментов была оценка охлаждения компрессионной пены в пожарных напорных рукавах при низких температурах. Для проведения таких исследований были разработаны методика и специальная программа.



Рис. 4. Подключение рукавной вставки с температурным датчиком в насосно-рукавную систему при подаче компрессионной пены

Fig. 4. Connection of a sleeve insert with a temperature sensor to the pump-sleeve system when applying compression foam

Принципиальная схема использования измерительного комплекса показана на рис. 5.

Первые эксперименты проходили в Московской области с использованием пожар-

ной автоцистерны модели АЦ 3,0-40 NATISK на базе шасси МАЗ, оснащенной установкой для получения и подачи компрессионной пены, а также с применением дополнительного оборудования (табл. 2).

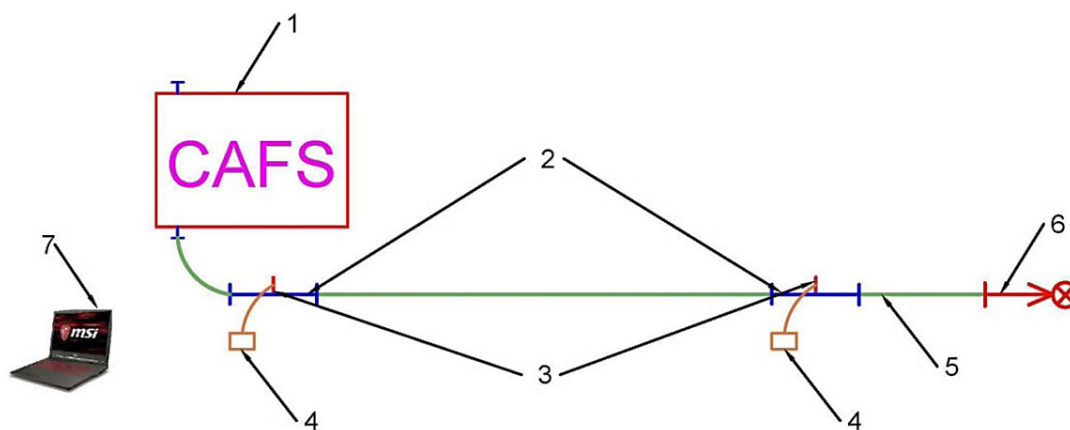


Рис. 5. Экспериментальная схема исследования оценки охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам:

1 — установка получения и подачи CAFS; 2 — рукавные вставки;  
3 — температурные датчики; 4 — приемный прибор; 5 — пожарные рукава;  
6 — ствол для подачи компрессионной пены; 7 — приемное устройство (ноутбук)

Fig. 5. Experimental scheme for evaluating the cooling of compression foam during pumping through tubing systems:

1 — installation for receiving and feeding CAFS; 2 — sleeve inserts;  
3 — temperature sensors; 4 — receiving device; 5 — fire hoses;  
6 — barrel for feeding compression foam; 7 — receiving device (laptop)

**Таблица 2**

**Измерительное оборудование для оценки охлаждения компрессионной пены при подаче по пожарным рукавам в условиях отрицательных температур**

Table 2

Measuring equipment for evaluating the cooling of compression foam when supplied through fire hoses at subzero temperatures

| Марка, наименование<br>Brand, name                                                                                                                                                                                               | Назначение<br>Purpose                                                                                                                                                    | Количество, шт.<br>Quantity, pcs |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Автоцистерна, оснащенная установкой подачи компрессионной пены АЦ 3,0-40 NATISK на базовом шасси МАЗ<br>Tanker truck equipped with a compression foam supply unit AC 3.0-40 NATISK on a MAZ base chassis                         | Подача огнетушащих веществ<br>Supply of fire extinguishing agents                                                                                                        | 1                                |
| Измерительный комплекс для определения параметров охлаждения компрессионной пены при подаче по пожарным рукавам<br>Measuring complex for determining the cooling parameters of compression foam when supplied through fire hoses | Измерение температурных показателей компрессионной пены при подаче по пожарным рукавам<br>Measuring the temperature of compression foam when supplied through fire hoses | 1                                |
| Весы платформенные<br>Platform scales                                                                                                                                                                                            | Измерение веса компрессионной пены в пластиковой емкости<br>Measuring the weight of compression foam in a plastic container                                              | 1                                |
| Цифровая фотоаппаратура<br>Digital photography equipment                                                                                                                                                                         | Фото- и видеофиксация экспериментальных исследований<br>Photo and video recording of experimental studies                                                                | 1                                |
| Рукав DN 50 мм длиной 20 м<br>Sleeve DN 50 mm length 20 m                                                                                                                                                                        | Подача компрессионной пены<br>Supply of compression foam                                                                                                                 | 1                                |
| Рукав DN 50 мм длиной 3 м<br>Sleeve DN 50 mm, length 3 m                                                                                                                                                                         | Подключение измерительного комплекса<br>Connecting the measuring complex                                                                                                 | 1                                |
| Анемометр<br>Anemometer                                                                                                                                                                                                          | Измерение скорости ветра<br>Measuring wind speed                                                                                                                         | 1                                |
| Термометр<br>Thermometer                                                                                                                                                                                                         | Измерение температуры окружающего воздуха<br>Temperature measurement ambient air                                                                                         | 1                                |

Экспериментальные исследования проводились при следующих метеорологических условиях:

- температура окружающей среды от –30 до –10 °С;

- скорость ветра — 1–3 м/с;
- относительная влажность воздуха — 50–67 %;
- атмосферное давление от 104,6 до 106,7 кПа.

Экспериментальные исследования выполнялись в следующей последовательности [6]:

- от пожарной автоцистерны с установкой NATISK прокладывался пожарный рукав DN50 длиной 3 м;
- устанавливалась первая рукавная вставка DN50 с температурным датчиком;
- прокладывался пожарный рукав длиной 20 м и устанавливалась вторая рукавная вставка DN50 с температурным датчиком;

- присоединялся пожарный рукав DN50 длиной 3 м и ствол для подачи компрессионной пены (рис. 6).

Производился запуск установки получения и подачи компрессионной пены, в соответствии с руководством по эксплуатации которой производилась настройка параметров кратности получаемой компрессионной пены (рис. 7).

После установления стабильного режима работы с помощью измерительного комплекса фиксировалась температура в режиме реального времени [7, 8].

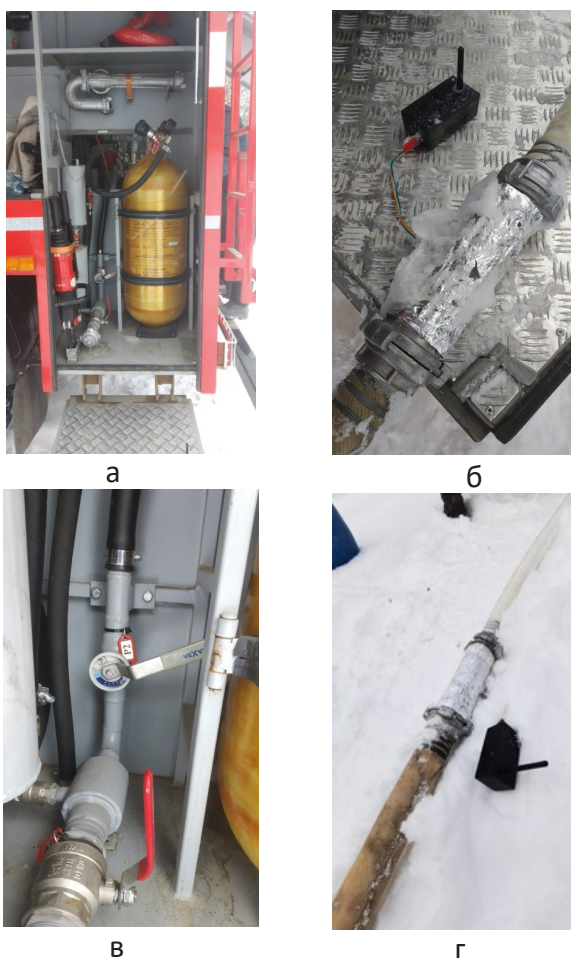


Рис. 6. Порядок проведения экспериментов:

*а* — расположение воздушного баллона и регулировочного крана; *б* — первая рукавная вставка с температурным датчиком при входе в рукавную линию; *в* — регулировочный кран для установки режима работы установки; *г* — проложенная рукавная линия длиной 20 м со второй рукавной вставкой с температурным датчиком при выходе из рукавной линии

Fig. 6. The order of experiments:

*a* — the location of the air cylinder and the adjusting valve; *b* — the first sleeve insert with a temperature sensor at the entrance to the sleeve line; *c* — an adjustment valve for setting the operating mode of the installation; *d* — a 20 m long sleeve line with a second sleeve insert with a temperature sensor at the outlet of the sleeve line

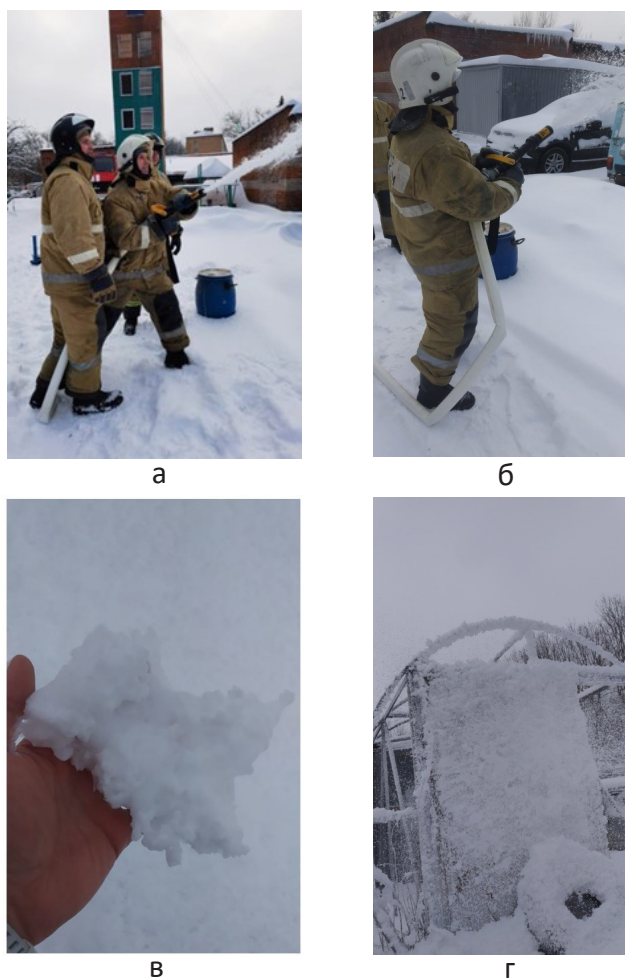


Рис. 7. Подача компрессионной пены по пожарным рукавам:  
 а, б — регулирование подачи с помощью ручного ствола; в — структура полученной пены;  
 г — покрытие пеной вертикальной конструкции

Fig. 7. Supply of compression foam through fire hoses:  
 а, б — feed control using a manual barrel; в — the structure of the resulting foam; г — foam coating  
 of the vertical structure

## Выводы

Авторами был разработан и применен комплекс измерительных приборов для оценки охлаждения компрессионной пены при использовании насосно-рукавных систем в условиях низких температур. Этот комплекс позволяет решить несколько важных задач, включая:

- определение параметров охлаждения компрессионной пены при исполь-

зовании рукавных линий в условиях низких температур;

- анализ влияния режимов работы пеногенерирующей установки на охлаждение компрессионной пены при использовании насосно-рукавных систем при отрицательных температурах;
- определение максимальной длины рукавной линии для достижения температуры 0 °С при использовании насосно-рукавных систем в условиях отрицательных температур окружающей среды.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гайфуллин В. В. Свойства воздушно-механической пены, влияющие на огнетушащую эффективность пены // Актуальные проблемы и тенденции развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Уфа, 15 декабря 2021 г. / Министерство науки и образования РФ, Уфимский государственный нефтяной технический университет. Уфа : изд-во УГНТУ, 2021. С. 76–78.
2. Факторы, определяющие тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона в условиях экстремально низких температур / М. В. Алешков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25, № 12. С. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.18322/PVB.2016.25.12.61-68>.
3. Двоенко О. В. Опыт исследования работоспособности пожарно-спасательной техники в условиях низких температур // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 3. С. 28–37.
4. Гумиров А. С., Шульпинов А. А. Измерительный комплекс для определения интенсивности охлаждения огнетушащих веществ // Проблемы техносферной безопасности: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. 2020. № 9. С. 106–110.
5. Исследование параметров интенсивности охлаждения компрессионной пены при подаче по насосно-рукавным системам в условиях низких температур / М. В. Алешков [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2021. № 2 (92). С. 8–19. DOI: <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.8-19>.
6. Камлюк А. Н., Грачулин А. В. Особенности применения пеногенерирующих систем со сжатым воздухом для тушения пожаров // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2018. Т. 2, № 2. С. 168–175.
7. Гумиров А. С. Экспериментальные исследования охлаждения компрессионной пены при ее подаче при разных температурных режимах окружающей среды // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 4. С. 40–44.
8. Lou M., Jia H., Lin Z. Study on fire extinguishing performance of different foam extinguishing agents in diesel pool fire // Results in Engineering. 2023. № 17. pp. 67–72.
9. Cheng J., Xu M. Experimental Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid Fuel // Eng. 2016. № 71. pp. 44–56.

## REFERENCES

1. Gaifullin V. V. Properties of air-mechanical foam affecting the fire-extinguishing efficiency of foam // Actual problems and trends of technosphere safety in the oil and gas industry : proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Ufa, December 15, 2021 / Ministry of Science and Education of the Russian Federation, Ufa State Petroleum Technical University. Ufa : UGNTU Publishing House, 2021. pp. 76–78.

2. Factors determining the tactical potential of fire and rescue garrison units in the conditions of extremely low temperatures / M. V. Aleshkov et al. // *Pozharovzryvozryvobezopasnost*. 2016. T. 25, № 12. pp. 61–68. DOI: <https://doi.org/10.18322/PVB.2016.25.12.61-68>.
3. Dvoenko O. V. Experience in researching the performance of fire-rescue equipment in low temperatures // *Fires and emergencies: prevention, elimination*. 2017. № 3. pp. 28–37.
4. Gumirov A. S., Shulpinov A. A. Measuring complex for determining the cooling intensity of fire extinguishing agents // *Problems of technosphere safety: Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists and specialists*. 2020. № 9. pp. 106–110.
5. Investigation of the parameters of the compression foam cooling intensity at the supply by the pumping-sleeve systems under the conditions of low temperatures / M. V. Aleshkov et al. // *Technosphere safety technologies*. 2021. № 2 (92). pp. 8–19. DOI: <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.2.92.8-19>.
6. Kamlyuk A. N., Grachulin A. V. Features of application of foam generating systems with compressed air for fire extinguishing // *Bulletin of the University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Belarus*. 2018. T. 2, № 2. pp. 168–175.
7. Gumirov A. S. Experimental studies of compression foam cooling during its supply at different ambient temperature conditions // *Fires and emergencies: prevention, elimination*. 2021. № 4. pp. 40–44.
8. Lou M., Jia H., Lin Z. Study on fire extinguishing performance of different foam extinguishing agents in diesel pool fire // *Results in Engineering*. 2023. № 17. pp. 67–72.
9. Cheng J., Xu M. Experimental Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid Fuel // *Eng*. 2016. № 71. pp. 44–56.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алешков Михаил Владимирович**, д-р техн. наук, проф., заместитель начальника Академии ГПС МЧС России (129366, Российская Федерация, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4); РИНЦ ID: 766510; ORCID: 0000-0002-4217-6739, 0000-0001-7844-1955; e-mail: [aleshkov.m@mail.ru](mailto:aleshkov.m@mail.ru)

**Гумиров Андрей Сергеевич**, старший научный сотрудник центра организации научных исследований и научной информации Академии ГПС МЧС России (129366, Российская Федерация, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4); РИНЦ ID: 1052288; ORCID: 0000-0001-8550-5179; e-mail: [romb55cool2014@yandex.ru](mailto:romb55cool2014@yandex.ru)

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Mikhail V. Aleshkov**, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Deputy Head of the Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia (4 Boris Galushkin St., Moscow, 129366,

Russian Federation); RSC ID: 766510; ORCID: 0000-0002-4217-6739, 0000-0001-7844-1955; e-mail: aleshkov.m@mail.ru

**Andrei S. Gumirov**, Senior Researcher, Center for Organization of Scientific Research and Scientific Information Academy of Emergency Situations Ministry of Emergency Situations of Russia (4 Boris Galushkin St., Moscow, 129366, Russian Federation); RSC ID: 1052288; ORCID: 0000-0001-8550-5179; e-mail: romb55cool2014@yandex.ru

Поступила в редакцию 05.05.2025

Одобрено после рецензирования 10.05.2025

Принята к публикации 15.06.2025