

Научная статья  
УДК 614.843  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.82.32.010

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНОГО КОЖУХА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАМЕРЗАНИЯ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

*Сергей Олегович Куртов*

*Виталий Петрович Малый*

*Владимир Михайлович Макаров*

*Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия*

*Автор ответственный за переписку: Сергей Олегович Куртов, kurtovsergej1983@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье исследуются и анализируются существующие методы поддержания работоспособности пожарных рукавных линий и их элементов в условиях отрицательных температур. Особое внимание уделяется насосно-рукавным системам (НРС), подверженным перемерзанию, таким как трёхходовые пожарные разветвления (РТ) и соединительные головки. Основной целью работы является определение минимальной температуры воздуха внутри защитного кожуха РТ, создаваемой тепловым потоком от работающей паяльной лампы, для предотвращения перемерзания при тушении пожаров в условиях отрицательных температур. В процессе эксперимента использовался кожух, выполненный из листовой стали толщиной 2 мм, соответствующий размерам РТ-80. Для измерения температур применялись термопары, установленные на различных уровнях кожуха. Данные регистрировались с интервалом в две секунды. Анализ результатов показал, что минимальная температура внутри кожуха достигала 200°C уже через минуту после начала нагрева, что достаточно для предотвращения замерзания воды в РТ. Авторы заключают, что использование кожуха в комплексе с паяльной лампой значительно повышает надёжность насосно-рукавных систем в условиях отрицательных температур.

**Ключевые слова:** пожарные рукавные разветвления, низкая и отрицательная температура, кожух, эффективность термозащиты

**Для цитирования:** Куртов С.О., Малый В.П., Макаров В.М. Исследование эффективности защитного кожуха для предотвращения замерзания насосно-рукавных систем в условиях отрицательных температур // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 4 (35). С. 81-87. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.82.32.010>

## INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF A PROTECTIVE CASING TO PREVENT FREEZING OF PUMP AND HOSE SYSTEMS AT SUB-ZERO TEMPERATURES

*Sergey O. Kurtov*

*Vitaly P. Maly*

*Vladimir M. Makarov*

*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia*

*Corresponding author: Sergey O. Kurtov, kurtovsergej1983@yandex.ru*

**Abstract.** The article studies and analyses the existing methods of maintaining the serviceability of fire hose lines and their elements in conditions of subzero temperatures. Particular attention is paid to pump and hose systems (PSS) subject to freezing, such as three-way fire branch lines (FB) and connecting heads. The main objective of this work is to determine the minimum air temperature inside the protective casing of a PT, created by the heat flux from a running blowtorch, to prevent freezing when extinguishing fires in sub-zero temperatures. In the course of the experiment a casing made of 2 mm thick steel sheet corresponding to the dimensions of FB-80 was used. Thermocouples installed at different levels of the casing were used to measure temperatures. The data were recorded at two-second intervals. Analyses of the results showed that the minimum temperature inside the shroud reached 200°C within one minute after the start of heating, which is sufficient to prevent water freezing in the PT. The authors conclude that the use of the shroud in combination with a blowtorch significantly improves the reliability of pumping hose systems in sub-zero temperatures.

**Keywords:** fire hose branches, low and negative temperature, thermal insulation, thermal protection efficiency

**For citation:** Kurtov S.O., Maly V.P., Makarov V.M. Investigation of the effectiveness of a protective casing to prevent freezing of pump and hose systems at sub-zero temperatures // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 4 (35). С. 81-87. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.82.32.010>

Авторами изучены и проанализированы существующие решения, применяемые личным составом действующих подразделений пожарной охраны для сохранения работоспособности (при организации подачи воды и водных растворов) по пожарным рукавным линиям и их элементам в условиях отрицательных температур окружающего воздуха [1-6]. В работе [7] авторами экспериментально доказано, что наиболее подверженными перемерзанию считаются элементы насосно-рукавных систем (далее НРС), такие как трехходовые пожарные разветвления (далее – РТ), пожарные соединительные и переходные головки.

В данной статье авторы поставили цель определить минимальную температуру воздуха внутри защитного кожуха РТ, создаваемую тепловым потоком от работающей паяльной лампы при тушении пожаров в условиях отрицательных температур. При проектировании и монтаже защитного кожуха РТ использовали фактические геометрические размеры РТ-80. Для определения необходимой высоты устройства был произведен замер высоты РТ-80 с открытыми вентилями от земли. Размер этого параметра составил 340 мм [8]. Также были выполнены замеры геометрических размеров окон, используемых для подключения напорных рукавных линий к входному патрубку и к выходным патрубкам РТ Рис. 1.



Рис. 1. Вид трехходового пожарного разветвления, нагреваемого тепловым потоком от работающей паяльной лампы БМ – 5801 (фото авторов)

Кожух выполнили из листовой стали толщиной 2 мм по размерам, представленным на Рис.2.

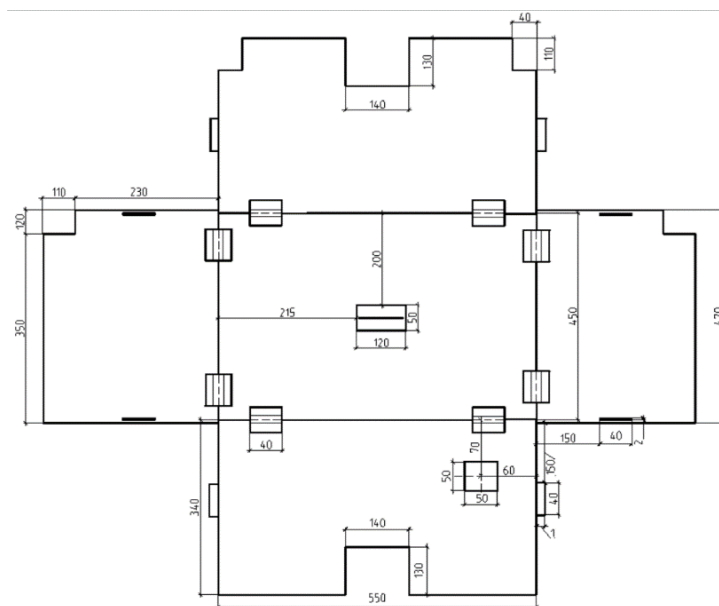


Рис.2. Геометрические размеры металлического корпуса установки «Кожух РТ»

Для определения (диагностики) значений и локации (координат) минимальной температуры воздуха внутри полости «Кожуха РТ» использовали следующее оборудование и приборы:

- набор точечных датчиков температуры (хромель-алюмелевых термопар k-типа в количестве (4 штук) в сопряжении с цифровыми преобразователями-индикаторами на основе стандартных электротестеров;
- рукава пожарные напорные;
- РТ-80;
- паяльная лампа марки БМ - 5801;
- пожарный ствол для изменения расхода воды в РТ;
- источник воды – пожарный кран в гараже учебной пожарно-спасательной части (далее – УПСЧ).

Для исследования (определения распределения температуры воздуха внутри корпуса собранного «Кожуха РТ») в корпусе кожуха было оборудовано 8 отверстий для установки термопар, 4 из которых располагались в верхней части Рис.3а, а 4 – в нижней части по периметру боковых стенок на расстоянии 130 мм от земли (в каждой вертикальной стенке) – Рис.3б.



а

б

Рис.3. Фрагменты эксперимента по определению распределения температуры внутри кожуха с расположенным внутри него трехфазовым пожарным разветвлением и работающей паяльной лампой (фото авторов)

Исследования проводили при температуре окружающего воздуха 0°С. Для архивации и анализа получаемых значений температур от хромель-алюмелевых термопар использовали персональный компьютер с возможностью снятия показаний с приборов один раз в две секунды.

В Таблице 1 представлены полученные экспериментальные значения температуры воздуха от термопар, установленных в верхней части «Кожуха РТ» и при размещении термопар «Кожуха РТ» на расстоянии 130 мм от земли.

Таблица 1 Экспериментальные значения температуры воздуха (°С) внутри кожуха РТ

№ термопары	Время, с								
	20	40	60	80	100	120	140	160	180
При размещении термопар в верхней части кожуха РТ									
№ 1	302,75	392,25	430,00	433,50	436,50	438,50	439,00	439,50	440,00
№ 2	124,50	173,25	217,00	221,50	225,25	230,00	237,25	240,00	244,25
№ 3	113,25	164,75	210,50	217,75	220,00	225,00	231,50	236,25	238,75
№ 4	114,75	145,75	190,25	200,25	207,75	214,75	221,75	226,25	230,25
При размещении термопар на расстоянии 130 мм от земли (в каждой вертикальной стенке) кожуха РТ									
№ 1	168,75	337,25	357,00	369,50	374,50	379,25	385,00	390,50	392,00
№ 2	268,50	404,25	424,00	441,50	449,25	456,00	464,25	476,00	484,25
№ 3	130,25	213,75	244,50	261,75	271,00	287,00	290,50	293,25	295,00
№ 4	111,75	205,75	229,25	237,25	240,75	244,75	252,75	258,25	260,25

В результате анализа полученных экспериментальных значений температуры, представленных в Таблице 1, сделан вывод, что верхние и нижние термопары №4<sub>(1,2)</sub> в обоих экспериментах фиксировали минимальные значения температуры  $T_{\min(1,2)}^{(4)}$  воздуха внутри «Кожуха РТ». Это связано, вероятно, с тем, что эти термопары №4<sub>(1,2)</sub> расположены в кожухе РТ в точках, наиболее удаленных от входного отверстия, используемого для установки работающей паяльной лампы – источника нагрева воздуха и РТ.

Отметили, что по истечении  $t = 3$  мин после начала эксперимента (момента запуска паяльной лампы) регистрируемая 4 термопарами температура внутри кожуха достигла максимального установившегося значения и далее существенно не изменялась (стабилизировалась), поэтому авторы

включили для анализа минимальные значения температуры только от обеих четвёртых термопар  $T_{\min(1,2)}^{(4)}(t)$ , измеренные до  $t_{\text{стаб}} = 180$  с от начала эксперимента.

Для более наглядного представления и удобства сравнительного анализа особенностей динамики минимальных значений температуры воздуха внутри кожуха РТ по результатам экспериментов построены графики, приведенные на Рис.4.

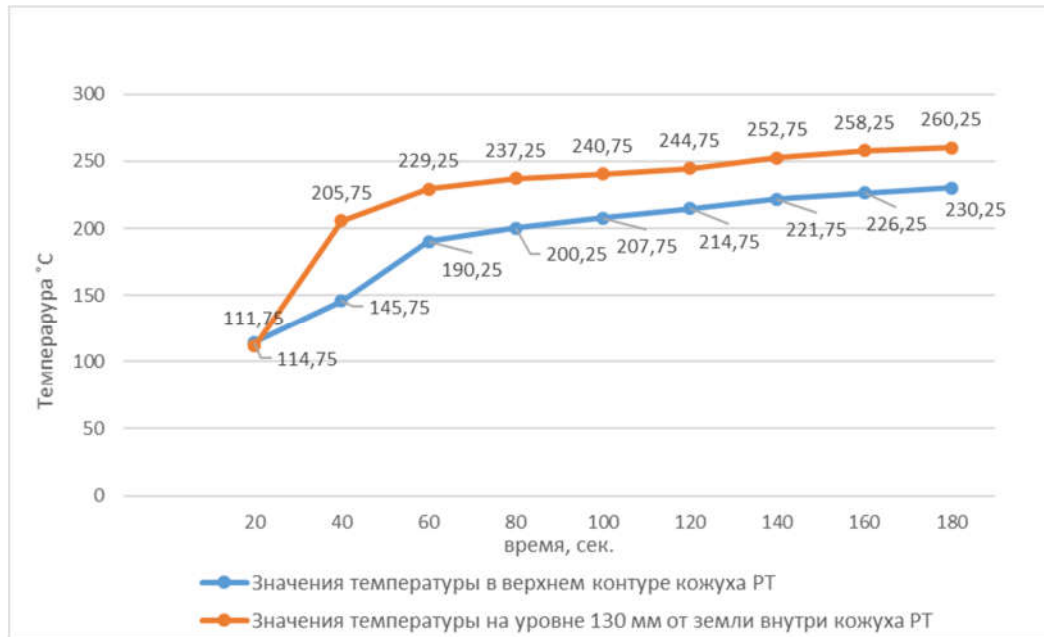


Рис.4. Динамика изменения минимальных экспериментальных значений температуры воздуха внутри установки «Кожух РТ», накрывающей своим корпусом пожарное разветвление РТ-80, после включения паяльной лампы

Анализ полученных экспериментальных значений, представленных на Рис.4, позволяет сделать вывод о том, что минимальная температура воздуха внутри «Кожуха РТ» уже через минуту после начала нагрева достигла около  $T_{\min}^{(4)} \cong 200$  °С. По мнению авторов, указанная температура позволит эффективно предотвратить замерзание воды внутри РТ и тем самым сократить вероятность отказов работоспособности насосно-рукавных систем, используемых при тушении пожаров в условиях отрицательных температур наружного воздуха.

### Основные результаты работы

1. Показано, что разработанное и смонтированное устройство «Кожух РТ» в комплексе с паяльной лампой позволяет повысить работоспособность насосно-рукавных систем за счет сокращения вероятности их отказов при использовании для тушения пожаров в условиях отрицательных температур наружного воздуха.

2. В дальнейшем авторы планируют проведение расчетно-экспериментальных исследований по приборному измерению эффективности активного нагрева потока воды внутри РТ (при различных расходах) при использовании созданного «Кожуха РТ» в комплексе с работающей паяльной лампой. Для выполнения исследований в данной области авторами планируется применять отдельные элементы разработанной в Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России экспериментально-исследовательской установки [9].

### Список источников

1. Малый В.П. Исследование эффективности метода запенивания, применяемого для создания тепловой защиты пожарных рукавных разветвлений / Малый В.П., Куртов С.О., Трояк А.Ю. // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 4(49). – С. 162-169. – EDN CIQPZC.
2. Алешков М.В., Безбородько М.Д., Ольховский И.А., Двоенко О.В. История развития технических средств борьбы с пожарами, приспособленных для работы в условиях низких температур // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 11. – С. 77-83. – DOI 10.18322/PVB.2016.25.11.77-83. – EDN XCNSUD.
3. Казаков В.Н., Емельянов Е.А., Смоленский И.Н. [и др.] Патент на полезную модель № 203100 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. пожарная автоцистерна с системой обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем в условиях экстремально низких температур: № 2020105720: заявл. 06.02.2020: опубл. 22.03.2021 заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает МЧС России. – EDN CRLOTQ.
4. Алешков М.В., Рожков А.В., Климовцов В.М., Емельянов Р.А. Эволюция технических средств обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей при низких температурах // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2008. – № 2. – С. 36-40. – EDN SKAVCD.
5. Двоенко О.В. Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Двоенко О.В. – Москва, 2014. – 22 с. – EDN ZPNGHX.
6. Авторское свидетельство № 1586722 А1 СССР, МПК А62С 33/00. Вставка для подогрева воды, подаваемой по рукавной пожарной линии: № 4440332: заявл. 13.06.1988: опубл. 23.08.1990 / Безбородько М.Д., Алешков М.В.; заявитель Высшая инженерная пожарно-техническая школа. – EDN MJENPB.
7. Алешков М.В., Безбородько М.Д., Копылов Н.П., Двоенко О.В. Факторы, определяющие тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона в условиях экстремально низких температур // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 12. – С. 61-68. – DOI 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68. – EDN XWVMHJ.
8. Куртов С.О. Устройство, позволяющее повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды / Куртов С.О., Горшунов В.А. // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 26 мая 2023 года. – Железногорск: ФГБОУ «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2023. – С. 340-342. – EDN OLTVDN.
9. Малый В.П., Куртов С.О., Лунев А.С. [и др.] Обоснование выбора состава экспериментально-исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 2(54). – С. 60-68. – DOI 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. – EDN OZOYAH.

### References

1. Maly V.P. Investigation of the effectiveness of the sealing method used to create thermal protection of the fire hose branches / Maly V.P., Kurtov S.O., Trojak A.Y. // Modern problems of civil protection. - 2023. - № 4(49). - PP. 162-169. - EDN CIQPZC.
2. Aleshkov M.V., Bezborodko M.D., Olkhovsky I.A., Dvoenko O.V. History of the development of technical means of fire fighting adapted for operation in low temperatures // Pozharovzryvozryvobezopasnost. - 2016. - T. 25, № 11. - PP. 77-83. - DOI 10.18322/PVB.2016.25.11.77-83. - EDN XCNSUD.
3. Kazakov V.N., Emelyanov E.A., Smolensky I.N. [and others] Patent for utility model №. 203100 U1 Russian Federation, MPC A62C 27/00. fire tanker truck with a system for ensuring the operability of pump and hose systems in conditions of extremely low temperatures: No. 2020105720: avt. 06.02.2020: publ. 22.03.2021 / applicant Russian Federation, on behalf of which the Ministry of Emergency Situations of Russia acts. - EDN CRLOTQ.



4. Aleshkov M.V., Rozhkov A.V., Klimovtsov V.M., Emelyanov R.A. Evolution of the technical means to ensure the serviceability of the pump-hose systems of the fire-fighting vehicles at low temperatures // Fires and emergencies: prevention, elimination. - 2008. - № 2. - PP. 36-40. - EDN SKAVCD.
5. Dvoenko O.V. Pump-hose systems of fire trucks, providing fire extinguishing and emergency water supply at power facilities in low temperatures: speciality 05.26.03 'Fire and industrial safety (by branches): abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Dvoenko O.V. - Moscow, 2014. - 22 PP. - EDN ZPNGHX.
6. Bezborodko M.D., Aleshkov M.V. Copyright certificate No 1586722 A1 USSR, MPK A62C 33/00. Insert for heating water supplied by a hose fire line: №. 4440332: avv. 13.06.1988: publ. 23.08.1990 / applicant Higher Engineering Fire Technical School. - EDN MJEHPB.
7. Aleshkov M.V., Bezborodko M.D., Kopylov N.P., Dvoenko O.V. Factors determining the tactical potential of fire and rescue garrison units in conditions of extremely low temperatures // Pozharovzryvozdryvobezopasnost. - 2016. - Т. 25, № 12. - PP. 61-68. - DOI 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68. - EDN XWVMHJ.
8. Kurtov S.O. Device to improve the efficiency of pump-and-sleeve systems under the influence of negative ambient temperatures / Kurtov S.O., Gorshunov V.A. // Young scientists in solving urgent safety problems: Proceedings of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference, Zheleznogorsk, 26 May 2023. - Zheleznogorsk: FGBOU 'Siberian Fire and Rescue Academy GPS MES of Russia', 2023. - PP. 340-342. - EDN OLTVDN.
9. Maly V.P., Kurtov S.O., Lunev A.S. [et al.] Justification of the choice of the composition of the experimental and research installation for measuring the thermal-hydraulic parameters of the elements of the pump-hose systems // South-Siberian scientific bulletin. - 2024. - № 2(54). - PP. 60-68. - DOI 10.25699/SSSB.2024.54.2.006. - EDN OZOYAH.

Информация об авторах

В.П. Малый – доктор физико-математических наук, доцент

Information about the author

V.P. Maly– Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Physico-mathematical Sciences, Docent

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.10.2024, одобрена после рецензирования 10.11.2024, принята к публикации 25.11.2024.

The article was submitted 22.10.2024, approved after reviewing 10.11.2024, accepted for publication 25.11.2024.