

Научная статья
УДК 614.849
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.40.21.026

Повышение безопасности проведения исследований на экспериментально-исследовательской установке при проведении диагностики и контроля теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем

Сергей Олегович Куртов

Виталий Петрович Малый

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

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

Аннотация. В статье описано решение проблемы обеспечения безопасности исследовательского персонала и сохранности измерительных приборов экспериментальной исследовательской установки для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России при работе в условиях возможных возбуждений неконтролируемых колебаний свободного конца напорного пожарного рукава при истечении из него больших расходов воды, подаваемых пожарным насосом автоцистерны.

Для решения указанной проблемы авторами были проанализированы известные способы фиксации объектов, выбран прототип и спроектировано и изготовлено устройство, позволяющее обеспечить безопасность исследователей и сохранность приборов и пожарной техники при проведении гидравлических экспериментов. В ходе проведения длительных испытаний рассмотренное устройство признано авторами полезным, удобным и безопасным в использовании.

Ключевые слова: безопасность исследователей, сохранность материальных ценностей, рукав пожарный напорный, пожарный ствол, пропускная способность

Для цитирования: Куртов С.О., Малый В.П. Повышение безопасности проведения исследований на экспериментально-исследовательской установке при проведении диагностики и контроля теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 222-231. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.40.21.026>

Improving the safety of research at the experimental and research unit for diagnostics and control of thermal-hydraulic parameters of pumping-sleeve system elements experimental and research unit for diagnostics and control of thermal-hydraulic parameters of elements of pumping-sleeve systems

Sergey O. Kurtov

Vitaly P. Maly

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

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

Abstract. The article describes the solution of the problem of ensuring the safety of research personnel and safety of measuring devices of the experimental research installation for measuring the thermal-hydraulic parameters of elements of pump-hose systems of the Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire and Rescue Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia when working in conditions of possible excitation of uncontrolled oscillations of the free end of the pressure fire hose when flowing from it large flow rates of water supplied by the fire pump of the tanker truck.

To solve the above problem, the authors analyzed the known methods of fixing objects, selected a prototype and designed and manufactured a device that allows to ensure the safety of researchers and the safety of devices and fire equipment during hydraulic experiments. In the course of long-term tests the considered device was recognized by the authors as useful, convenient and safe to use.

Keywords: researcher safety, safety of material values, pressure fire hose, fire barrel, throughput capacity

For citation: Kurtov S.O., Maly V.P. Improving the safety of research at the experimental and research unit for diagnostics and control of thermal-hydraulic parameters of pumping-sleeve system elements experimental and research unit for diagnostics and control of thermal-hydraulic parameters of elements of pumping-sleeve systems // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 2 (33). С. 222-231. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.40.21.026>

Введение.

Авторами научных публикации [1;2;3;4] показано, что уточнение значений максимально возможной пропускной способности пожарных рукавов, выполненных по современным технологиям с использованием новых материалов, является актуальной задачей для построения эффективных и работоспособных насосно-рукавных систем (далее – НРС), применяемых для организации подачи воды к месту тушения пожара и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

При проведении экспериментов, в частности, по определению фактических значений максимальной пропускной способности современных рукавов пожарных напорных (далее – РПН), стоящих на вооружении подразделений пожарной охраны, авторы статьи столкнулись с проблемой опасности для здоровья исследователей-исполнителей и угрозы разрушения приборов, элементов и пожарной техники.

Разработанная ранее экспериментально исследовательская установка для измерения теплогидравлических параметров элементов насосно-рукавных систем (далее – ПОЛИГОН НРС) ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (далее – Академия), использовавшаяся авторами для проведения запланированных экспериментов, не предусматривала подавление неконтролируемых колебаний свободного конца РПН при истечении из него больших расходов воды, подаваемых пожарным насосом автоцистерны [5; 6].

Целью настоящей работы является повышение безопасности проведения исследований на ПОЛИГОНЕ НРС за счет разработки способа и устройства для исключения возможности

неконтролируемых колебаний свободного конца РПН при подаче предельных расходов воды, в частности, при измерениях пропускной способности РПН.

Методы исследования. В ходе выполнения данной работы авторы применяли такие теоретические и экспериментальные методы, как сравнение, дедукция, научный и патентно-технический анализы, обобщение результатов проведенных испытаний и экспериментов.

Основная часть. Колебания свободного конца РПН вызываются силой реакции струи, возникающей при истечении жидкости из пожарного рукава или из насадка и быстро теряющей пространственную устойчивость. Эта сила формируется реакцией водяной струи и обуславливается изменением количества движения жидкости в насадке при движении воды от большего сечения – к меньшему. Проведём оценку этих сил [5] и степени их опасности для людей и величины угрозы разрушения используемых приборов и пожарной техники на наиболее опасном примере: РПНс незакреплённым пожарным стволом. Сразу заметим, что при расходах порядка 8-10 л/с даже физически подготовленный пожарный справиться с реакцией струи (удержать ствол или край пожарного рукава) не сможет.

Реакцией струи называется сила, возникающая при истечении жидкости из насадка. Пусть количество движения секундной массы $m \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}}\right)$ жидкости в большем сечении насадка mV_1 , а в меньшем mV_2 .

Для определения величины и направления возникающей от изменения количества движения силы F воспользуемся «законом изменения количества движения», согласно которому

$$F = mV_1 - mV_2. \quad (1)$$

Учитывая, что V_1 значительно меньше V_2 и, таким образом, членом $mV_1 (\ll mV_2)$ можно пренебречь, получим:

$$F \cong -m \times V_2. \quad (2)$$

Подразумевая под секундной массой m массу жидкости, соответствующую объёмному расходу (например, «производительности ствола») Q , т.е. $m = \rho \times Q$, где ρ – плотность воды, и выражая расход Q через скорость $Q = V_2 \times \omega_2$, где $\omega_2 = \frac{\pi d_n^2}{4}$ – площадь выходного сечения насадка диаметром d_n , получим:

$$F = -\rho \times V_2^2 \times \omega_2 \quad (3)$$

Умножая числитель и знаменатель дроби на $2g$, и после подстановки:

$\frac{V_2^2}{2g} = H$ – изменение динамического напора, $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{Н}}\right)$ (изменение удельной по весу энергии) истекающей из насадка воды ($V_1 \cong 0$) и $p = \rho \times g \times H$ – давление в Па, соответствующее изменению напора H в Дж/Н, показываемое манометром на стволе, получаем формулу для определения силы реакции струи в окончательном виде:

$$F = -2p \times \omega_2 \quad (4)$$

Знак минус указывает, что сила реакции в данном случае направлена в сторону, противоположную движению струи.

Сила реакции струи для ручных стволов при напоре до 50 м $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{Н}}\right)$ при диаметре насадок до 25 мм достигает 500 Н (около 50 кгс); для лафетных стволов (диаметры насадок 25-50 мм), работающих и при больших напорах, сила реакции увеличивается в десятки раз, что формирует особо высокую опасность для окружающих людей, измерительных приборов и даже пожарной техники. Значения сил реакции водяных струй $|\vec{F}|$ в кгс (кг) для различных напоров и диаметров насадок приведены [7] в представленной ниже Таблице 1.

Таблица. Сила реакций водяных струй $|\vec{F}|$ в кгс (кг) для различных напоров H и диаметров d_n насадок

Напор H , м $\left(\frac{Дэс}{H}\right)$	Диаметр насадок d_n , мм							
	13	19	25	28	32	38	44	50
20	5,4	11,3	19,6	24,6	32,2	45,2	60,8	78,4
40	10,6	22	39	49	64	90	121	157
50	13	28	49	62	80	113	152	196
60	16	34	59	74	96	135	182	235
70	19	40	68	84	112	158	212	274
80	21	45	78	98	129	181	240	314
90	24	51	88	111	145	203	270	352
100	27	57	98	123	161	226	300	392

При незафиксированном (свободном) конце РПН (или стволе) из-за наличия описанных выше сил реакции и неустойчивости струи возникают неконтролируемые колебания большой ударной силы и амплитуды, способные нанести значительные физические травмы находящимся вблизи людьми серьезные разрушения используемым приборам и устройствам.

С целью решения указанной проблемы авторами было спроектировано и изготовлено устройство «Фиксатор свободного конца испытываемого РПН» (далее – Устройство), обеспечивающее полную безопасность проведения исследований гидравлических параметров РПН.

В процессе проектирования Устройства было принято во внимание более 100 патентов на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, найденные в ресурсах Федерального института промышленной собственности и Роспатента, по ключевым словам «Устройство для фиксации».

В результате сравнительного анализа отобрано 6 аналогов [8-13] и выбран прототип Устройства для фиксации объектов в нужном положении [13].

С учетом некоторых особенностей прототипа, а главное – особенностей конкретной проблемы, предложено выполнить Устройство из стальной трубы с условным проходом Ду80 и двух муфтовых соединительных головок ГМ – 80 для подключения исследуемых элементов НРС.

3D-модель разработанного авторами Устройства представлена на Рис.1.

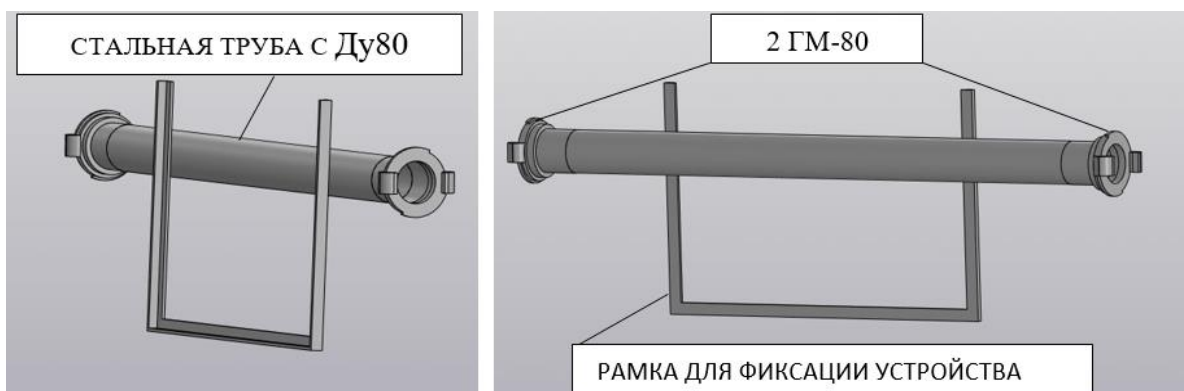


Рис.1. 3D-модель устройства, позволяющего безопасно проводить гидравлические исследования по определению пропускной способности напорных пожарных рукавов и расходов современных пожарных стволов без участия ствольщика

Разработанное Устройство представляет собой металлоконструкцию для фиксации предмета, в частности, стальной трубы, к которой с помощью стандартных муфтовых соединительных головок ГМ-80 прикрепляют испытуемый РПН. Задачей данного Устройства является фиксация конца испытуемого РПН. Устройство при простоте в обращении и с незначительными затратами должно обеспечивать надежное удержание предмета (конца РПН), который должен быть прикреплен к неподвижной относительно земли или достаточно тяжелой (не менее 1500 Н) фиксирующей «стенке».

Для уменьшения погрешностей получаемых фактических значений максимальной пропускной способности РПН диаметром 77 мм авторами было принято решение выполнить Устройство длиной 1000 мм без дополнительных элементов, которые могли бы создавать дополнительные искажающие гидравлические сопротивления. Благодаря этому создано особенно простое и экономичное фиксирующее устройство для того, чтобы надежно удерживать конец РПН, через который в процессе экспериментов пропускается большой расход воды, создающий на выходе большую реакцию струи, вызывающую опасные боковые усилия на стенки РПН, которые без достигнутой надёжной фиксации приводили бы к опасным колебаниям.

Также для уменьшения влияния в ходе проведения экспериментов посторонних гидравлических сопротивлений авторами выполнены вставки (по 2 экземпляра с условными проходами Ду50, Ду65, Ду80), позволяющие подключать электронные манометры и проводить измерения давления непосредственно перед (после) исследуемого элемента НРС (Рис.2).



Рис.2. Вставки со штуцерами для подключения электронного манометра, позволяющего проводить измерения давления непосредственно перед (после) исследуемого элемента НРС

При использовании в разработанном Устройстве стандартных переходных пожарных соединительных головок (далее – ГП) Рис.3 появляется возможность проводить исследования фактических значений максимальной пропускной способности РПН и других диаметров (51 и 66 мм) совершенно безопасно.



а) ГП 66×77

б) ГП 51×77

в) ГП 51×66

Рис.3. Основные виды переходных соединительных головок, используемых пожарными подразделениями при составлении НРС

Для стационарной фиксации Устройства в период проведения испытаний авторами была выполнена рамка из стальных уголков 50×50 мм, которая при помощи двух болтов и гаек позволила надёжно закрепить (зафиксировать) устройство к вертикальным стойкам ограждения автодрома на территории Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (Рис.4).



Рис.4. Фиксация Устройства к вертикальной стойке металлического ограждения автодрома Академии перед проведением натуральных экспериментов

Представленное на Рис.4 Устройство авторы планируют использовать не только для определения гидравлических сопротивлений и максимально возможной пропускной способности пожарных рукавов, но и для измерения расходов современных пожарных стволов в зависимости от изменения напора перед стволом.

Разработанное авторами Устройство прошло, длительные успешные практические испытания и обеспечило безопасность исследователей-исполнителей, а также сохранность

находящихся вблизи измерительных приборов и оборудования при проведении экспериментальных работ (Рис.5).



Рис.5. Фрагмент проведения испытаний Устройства, разработанного для обеспечения безопасности исследователей и сохранности приборов и пожарной техники при проведении гидравлических исследований по определению значений параметров элементов НРС

С учетом разработанных авторами технических решений в настоящей работе сформулирована задача и предложена схема по экспериментальному определению фактических значений максимальной пропускной способности напорных пожарных рукавов 20-метровой длины с различными диаметрами условного прохода. На Рис.6 представлена схема, предлагаемая авторами для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20 - метровой длины с условным проходом Ду80.

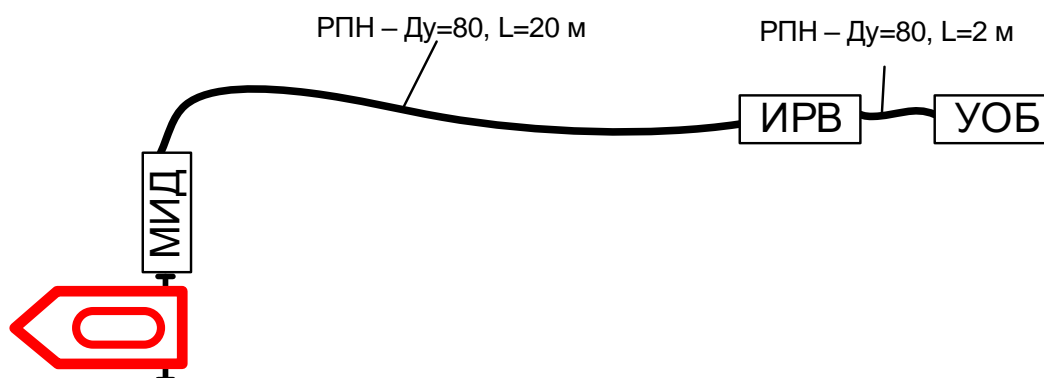


Рис.6. Схема НРС для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условным проходом Ду80

МИД – «Манометр измерения давления» – вставка с электронным манометром СДВ-И-2,50-1,60-1,00 М (1,6)-4-20мА для измерения давления;

ИРВ – «Измерительная рукавная вставка» (элемент экспериментально исследовательской установки «ПОЛИГОН НРС») с условным проходом Ду80 с электромагнитным расходомером МФ-80 (5.2.2) класс Б (0,1 м/имп) и термопреобразователем ТПТ-1-3-100П-А4-Н-60/8 для измерения температуры огнетушащего вещества непосредственно в потоке;

УОБ – «Устройство, обеспечивающее безопасность» проведения исследований гидравлических параметров РПН (описанный выше «Фиксатор конца РПН»).

На Рис. 7 представлена схема, предлагаемая авторами для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условными проходами Ду50 и Ду65.

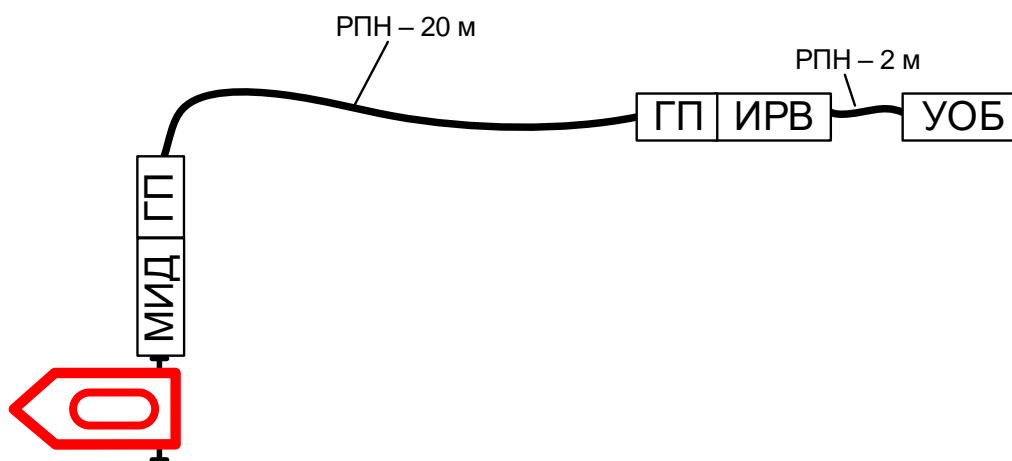


Рис.7. Схема НРС для определения фактического значения максимальной пропускной способности РПН 20-метровой длины с условными проходами Ду50 и Ду65

Схема, представленная на рис.6. отличается от схемы, изображенной на Рис.7, наличием двух ГП диаметрами 51×77 мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 51 мм) и двух ГП 66×77 мм (для проведения гидравлических испытаний РПН диаметром 66 мм).

Отметим, что с использованием разработанного Устройства фиксации, вошедшего в 2023 году в состав ПОЛИГОНА НРС, получен ряд новых актуальных значений гидравлических сопротивлений нескольких современных РПН, а также на стадии завершения находятся исследования их пропускной способности. Данные экспериментальных исследований проходят авторскую обработку, анализируются и готовятся к публикации.

Заключение

В заключении проанализированы физические причины возникновения опасных (большой ударной силы и амплитуды) для людей и техники неконтролируемых колебаний незакрепленного конца РПН, связанные с явлением возникновения сил реакции струи при больших расходах воды через поперечное сечение РПН.

При создании современной конструкции Устройства авторы провели патентно-технический поиск и выполнили сравнительный анализ известных технических решений осуществления «процедуры» фиксации тех или иных объектов. Созданная конструкция Устройства фиксации анализируется авторами на предмет возможности защиты интеллектуальной собственности (полезная модель, промышленный образец).

Авторами и другими участниками экспериментов предложенное Устройство признано полезным, удобным, безопасным и простым в использовании.

Подобное устройство возможно самостоятельно изготовить в любом подразделении пожарной охраны и применять для безопасного проведения ежегодных гидравлических испытаний находящегося на вооружении оборудования и пожарных рукавов (от передвижной пожарной техники) без дополнительного задействования личного состава.

Дискуссия. Безопасность работы исследователей при проведении экспериментов является безусловным приоритетом в Академии. Поэтому работы в этом направлении предполагается продолжить. В частности, планируется усилить электробезопасность экспериментально исследовательской установки «ПОЛИГОН НРС» при работе с измерительными приборами за счет вывода элементов с питанием ~220 В на более удаленное от испытываемых элементов НРС. Ведутся работы по защите приборов от попадания на них применяемой воды, по обеспечению экономии используемой воды, например, за счет

организации работы в режиме циркуляции. Изготавливаются специальные фиксирующие лотки для укладки в них испытываемых рукавов и т.д.

Список источников

1. Малый, В. П. О необходимости уточнения гидравлических характеристик, поступающих в подразделения МЧС России новых пожарных рукавов / Малый В. П., Куртов С. О., Яровой В. Ю. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2022. – № 1(24). – С. 54-61. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008.
2. Выявление фактической пропускной способности пожарных рукавов эмпирическим методом / Арканов П. В., Степанов О. И., Лемеш В. Л., Савушкин А. Н. // Техносферная безопасность. – 2014. – № 2(3). – С. 2-7.
3. Малютин, О. С. Проблема гидравлического расчета насосно-рукавных систем в пожарной тактике / Малютин О. С., Васильев С. А. // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2018. – № 4(11). – С. 67-72.
4. Михалев, Р. Н. Актуальность проведения исследований гидравлического сопротивления напорных пожарных рукавов и их пропускной способности // Организационный комитет конференции. – 2021. – Т. 7. – С. 404.
5. «Исследование тепло-гидравлических параметров элементов тракта подачи огнетушащих веществ к месту тушения пожара (заключительный)»: Отчет о НИР. В.П. Малый, Куртов С.О., Малютин О.С. [и др]. ФГБОУ ВО СПСА, ЗАТО Железнодорожск, 2022 г., 133 с., УДК 614.843.1-4; Рег. № НИОКТР 122031000248-9.
6. Исследование формирования температурного поля при свободном остывании воды в пожарных рукавах / Малый В.П., Пожаркова И.Н., Малютин О.С. [и др.] // Енисейская теплофизика: Тезисы докладов I Всероссийской научной конференции с международным участием, Красноярск, 28–31 марта 2023 года / Отв. за выпуск Д.В. Платонов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 181-183.
7. Малый, В.П. Гидравлика. Гидродинамика. Руководство к решению задач [Текст]: учебное пособие / В.П. Малый – г. Железнодорожск Красноярского края: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020 – 201 с.: ил.
8. Устройство крепления: пат. 2132006 Рос. Федерация N 2000131742/089; заявл. 18.12.1995; опубл. 20.06.1999; Бюл. N 21 (I ч.). 5 с.
9. Устройство для фиксации предмета на внутренней облицовке транспортного средства, а также транспортное средство: пат. RU2719093C1_20200417 Рос. Федерация; заявл. 17.04.2016; опубл. 14.11.2017, Бюл. N 11(II ч.). 4 с.
10. Устройство и способ для установки объектов на стенке транспортного средства: пат. 2410576 Рос. Федерация; заявл. 11.04.2009; опубл. 27.01.2011, Бюл. N 25 (II ч.). 5 с.
11. Крепежное устройство (варианты): пат. 2384761 Рос. Федерация; заявл. 03.06.2009; опубл. 20.03.2011, Бюл. N 12 (I ч.). 6 с.
12. Способ жесткого крепления навесного и/или дополнительного оборудования и узел, его реализующий: пат. 2381117 Рос. Федерация; заявл. 09.08.2008; опубл. 10.02.2010, Бюл. N 15 (I ч.). 3 с.
13. Устройство для фиксации объектов в нужном положении: Пат. 2390469 Рос. Федерация; заявл. 10.09.2002; опубл. 18.02.2003, Бюл. N 21 (II ч.). 4 с.
14. ГОСТ Р 53279-2009. Техника пожарная. Головки соединительные пожарные общие технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2009-05-01. – Москва: Стандартинформ, 2009.

References

1. Maly, V. P. On the need to clarify the hydraulic characteristics of the new fire hoses coming to the units of the Ministry of Emergency Situations of Russia / Maly V. P., Kurtov S. O., Yarovoy V. Yu // Siberian Fire and Rescue Bulletin. - 2022. - № 1(24). - С.54-61. - DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.84.93.008.
2. Detection of the actual capacity of fire hoses by empirical method / Arkanov P. V., Stepanov O. I., Lemesh V. L., Savushkin A. N. // Technospheric safety. - 2014. - № 2(3). - С. 2-7.

3. Malyutin, O. S. Problem of hydraulic calculation of pump-hose systems in fire tactics / Malyutin O. S., Vasiliev S. A. // Siberian fire-rescue bulletin. - 2018. - № 4(11). - С. 67-72. - EDN YRSCPJ.
4. Mikhalev, R. N. Relevance of the research of hydraulic resistance of pressure fire hoses and their capacity // Conference Organizing Committee. - 2021. - VOL. 7. - P. 404.
5. "Investigation of thermal-hydraulic parameters of the elements of the path of supplying fire extinguishing agents to the place of fire extinguishing (final)": Research and Development Report. Maly V.P., Kurtov S.O., Malyutin O.S. [et al]. FGBOU VO SPSA, ZATO Zheleznogorsk, 2022, 133 p., UDC 614.843.1-4; Reg. No. NIOCTR 122031000248-9.
6. Investigation of the temperature field formation at free cooling of water in fire hoses / Maly V.P., Pozharkova I.N., Malyutin O.S. [et al.] // Yenisei Thermophysics: Abstracts of the I All-Russian Scientific Conference with International Participation, Krasnoyarsk, March 28-31, 2023 / Editor-in-Chief D.V. Platonov. - Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2023. - С. 181-183.
7. Malyi, V.P. Hydraulics. Hydrodynamics. Guide to solving problems [Text]: textbook / V.P. Maly - Zheleznogorsk, Krasnoyarsk region: FGBOU VO Siberian Fire and Rescue Academy GPS MES of Russia, 2020 - 201 p.: ill.
8. Fastening device: pat. 2132006 Ros. Federation N 2000131742/089; applied for. 18.12.1995; published 20.06.1999; Bul. N 21 (I h.). 5 с.
9. A device for fixing an object on the inner lining of a vehicle, as well as a vehicle: pat. RU2719093C1_20200417 Ros. Federation; avt. 17.04.2016; published 14.11.2017, Bul. N 11(II h.). 4 с.
10. Device and method for mounting objects on the wall of a vehicle: pat. 2410576 Ros. Federation; avt. 11.04.2009; published 27.01.2011, Bul. N 25 (II part). 5 с.
11. Device and method for mounting objects on the wall of a vehicle: patent. 2410576 Ros. Federation; avt. 11.04.2009; published 27.01.2011, Bul. N 25 (II part). 5 с.
12. Fastening device (variants): pat. 2384761 Ros. Federation; avt. 03.06.2009; published. 20.03.2011, Bul. N 12 (I h.). 6 с.
13. Method of rigid fastening of the attached and/or additional equipment and the unit realizing it: patent. 2381117 Ros. Federation; avt. 09.08.2008; published 10.02.2010, Bul. N 15 (I h.). 3 с.
14. Device for fixation of objects in the required position: Pat. 2390469 Ros. Federation; applied for. 10.09.2002; published 18.02.2003, Bul. N 21 (II part). 4 с.
15. GOST R 53279-2009. Fire-fighting equipment. Fire connection heads general technical requirements. Test methods. - Intro. 2009-05-01. - Moscow: Standardinform, 2009.

Информация об авторах

В.П. Малый – доктор физико-математических наук (Россия)
кандидат технических наук (СССР), доцент

Information about the author

V.P. Maly – Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Physico-mathematical Sciences (USSR), Candidate of Technical Sciences (USSR), associate professor (USSR)

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 24.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 17.06.2024.

The article was submitted 24.05.2024, approved after reviewing 05.06.2024, accepted for publication 17.06.2024.