

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В БАШЕННОЙ СУШИЛКЕ

Иванов В.Е., Легкова И.А., Зарубин В.П., Колобов М.Ю.

Иванов Виталий Евгеньевич, Легкова Ирина Анатольевна, Зарубин Василий Павлович
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33.
E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru, legkovai@mail.ru, docent432@yandex.ru
Колбашов Михаил Александрович
Колобов Михаил Юрьевич
Ивановский государственный химико-технологический университет,
г. Иваново, Россия, 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметьевский, д. 7.
E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

Статья посвящена актуальной проблеме повышения эффективности обслуживания пожарных рукавов. Эффективность работы башенных сушилок в значительной степени определяется конструкцией подъемного устройства, предназначенного для размещения рукавов в рабочей зоне. Существующие некоторые подъемные устройства представляют собой подвесную систему с механической лебедкой, требующей от пожарного значительных физических усилий и времени для последовательного подъема и фиксации каждого рукава. Исследование направлено модернизацию подъемного устройства башенной сушилки с целью повышения производительности процесса сушки, путем увеличения количества одновременно обрабатываемых рукавов и автоматизации процесса подъема, а также обеспечения безопасности труда сотрудников пожарно-спасательных подразделений. Авторами разработана конструкция подъемного устройства с электроприводом. В ходе исследования были проведены инженерные расчеты основных параметров и прочностной анализ методом конечных элементов в среде Autodesk Inventor. Результаты моделирования подтвердили высокую прочность и жесткость конструкции. Внедрение разработки позволяет значительно сократить время работы партии рукавов из 30 шт. и минимизировать физические усилия персонала. Это способствует снижению травматизма и повышению общей производительности процесса сушки.

Ключевые слова: конструкция, устройство, пожарный рукав, прочностной анализ, трехмерная модель, башенная сушилка

DESIGN DEVELOPMENT OF A LIFTING DEVICE FOR DRYING FIRE HOSES IN A TOWER DRYER

Ivanov V.E., Legkova I.A., Zarubin V.P., Kolobov M.Yu.

Ivanov Vitaly Evgenievich, Legkova Irina Anatolievna, Zarubin Vasily Pavlovich
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley ave., 33.
E-mail: vitaliyivanov@yandex.ru, legkovai@mail.ru, docent432@yandex.ru
Kolobov Mikhail Yurievich
Ivanovo State University of Chemical Technology,
Ivanovo, Russia, 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevsky Ave., 7.
E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

The article is devoted to the urgent problem of increasing the efficiency of fire hoses maintenance. The efficiency of tower dryers is largely determined by the design of the lifting device designed to accommodate

hoses in the work area. Some existing lifting devices are a suspension system with a mechanical winch, which requires considerable physical effort and time from the firefighter to consistently lift and fix each sleeve. The research is aimed at upgrading the lifting device of a tower dryer in order to increase the productivity of the drying process by increasing the number of simultaneously processed hoses and automating the lifting process, as well as ensuring the safety of employees of fire and rescue units. The authors have developed the design of an electric lifting device. In the course of the study, engineering calculations of the main parameters and strength analysis using the finite element method were carried out in the Autodesk Inventor environment. The simulation results confirmed the high strength and rigidity of the structure. The implementation of the development allows you to significantly reduce the working time with a batch of 30 sleeves. and minimize the physical efforts of the staff. This helps to reduce injuries and increase the overall productivity of the drying process.

Keywords: construction, device, fire hose, strength analysis, three-dimensional model, tower dryer.

Для цитирования:

Иванов В.Е., Легкова И.А., Зарубин В.П., Колобов М.Ю. Разработка конструкции подъемного устройства для сушки пожарных рукавов в башенной сушилке. *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. 2026. № 1. С. 130-135. DOI: 10.6060/snt.20268501.00015

For citation:

Ivanov V.E., Legkova I.A., Zarubin V.P., Kolobov M.Yu. Development of a design of a lifting device for drying fire hoses in a tower dryer. *Modern high technology. Regional application*. 2026. N 1. P. 130-135. DOI: 10.6060/snt.20268501.00015

Поддержание пожарных рукавов в постоянной боевой готовности является одной из ключевых задач технического обеспечения пожарных частей [1-5]. Центральное место в технологическом цикле обслуживания рукавов занимает процесс их сушки после эксплуатации или промывки, для которого чаще используются башенные сушилки [6, 7]. Длительное нахождение влаги в материале рукава приводит к его преждевременному старению и потере эксплуатационных характеристик [8, 9]. Эффективность работы башенных сушилок в значительной степени определяется конструкцией подъемного устройства, предназначенного для размещения рукавов в рабочей зоне, а также оптимального температурного режима [10].

Существующие подъемные устройства для пожарных рукавов представляют собой подвесную систему с механической лебедкой, требующей от пожарного значительных физических усилий и времени для подъема и фиксации каждого рукава в отдельности.

Это снижает производительность труда, увеличивает время обслуживания снаряжения и создает риск получения травмы. Задача автоматизации данного процесса является актуальной для повышения эффективности работы пожарно-спасательных подразделений.

Целью данной работы является разработка конструкции подъемного устройства в башенной сушилке для пожарных рукавов с возможностью одновременного подъема партии из 20-30 пожарных рукавов.

Для достижения данной цели решены следующие задачи: проведен анализ конструктивных решений, применяемых в башенных сушилках, разработана конструкция подъемного устройства для пожарных рукавов; проведен расчет основных параметров (требуемого усилия для подъема 30 рукавов, мощности электродвигателя, подбор редуктора и элементов конструкции); проведены инженерные расчеты и прочностные исследования разработанной конструкции в программе Autodesk Inventor.

На рис. 1 представлена разработанная конструкция подъемного устройства для пожарных рукавов.

Устройство состоит из рамы 1, которая выполнена из равнополочного уголка 60х60х6 мм. Размер рамы составляет 2600х2500 мм. Внутри рамы крепятся пять балок 2, выполненных из прямоугольного профиля 50х32х3 мм. Шаг (расстояние) между балками составляет 400 мм. В углах рамы закреплены кронштейны с роликами 4, которые перемещаются внутри направляющих для роликов 8. Рама с балками крепится системой тросов 5 к барабану лебедки. Пожарные рукава подвешиваются на кронштейны для рукавов 7, которые при помощи сварного соединения закреплены на балках. Вся конструкция в верхнем положении, для обеспечения безопасности и снятия нагрузки с троса лебедки, упирается в упоры 3, которые управляются при помощи электромагнитных втягивающих устройств.

Система управления располагается в башне на стене в зоне доступности.

Монтируется кнопочный пост с тремя кнопками: «Подъем», «Спуск», «Стоп». Управление двигателем осуществляется через контакторную схему с реверсом. Для обеспечения безопасности предусмотрены концевые выключатели в верхнем и нижнем положениях решетки для автоматического отключения двигателя.

Червячный редуктор, входящий в состав привода, обладает свойством самоторможения, что исключает самопроизвольный спуск решетки при отключении питания. При достижении решетки верхнего концевой выключатель срабатывает электромагнитное втягивающее устройство, которое под решетку выдвигает упоры. На рис. 2 представлены два крайних положения упоров.

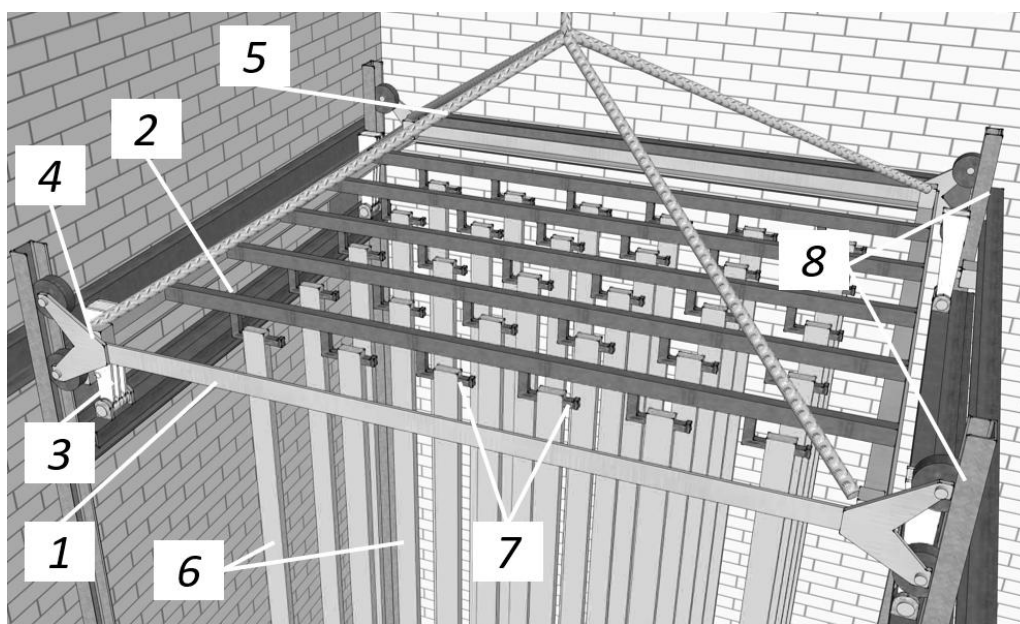


Рис. 1. Разработанная конструкция подъемного устройства для пожарных рукавов:

1 – сварная рама, состоящая из равнополочного уголка, 2 – балка с профилем прямоугольного сечения, 3 – упор, 4 – кронштейн с роликами, 5 – трос, 6 – пожарные рукава, 7 – кронштейн для подвешивания пожарных рукавов, 8 – направляющие для роликов

Fig. 1. The developed design of a lifting device for fire hoses:

1 - welded frame consisting of an equal-flange angle, 2 - beam with a rectangular cross-section profile, 3 - stop, 4 - bracket with rollers, 5 - cable, 6 - fire hoses, 7 - bracket for hanging fire hoses, 8 - guides for rollers

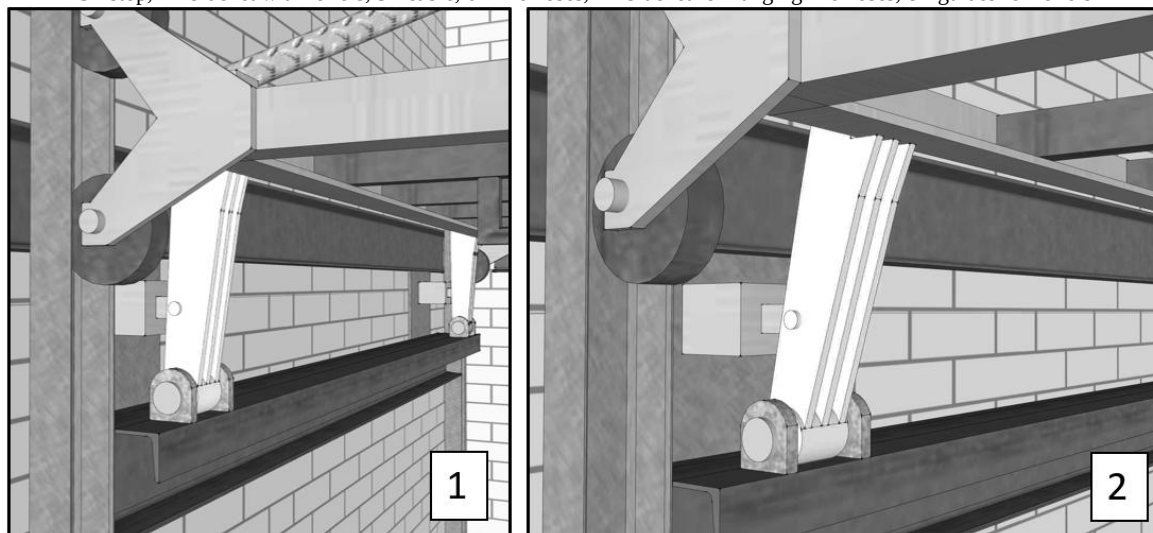


Рис. 2. Работа упоров под рамой: 1 – положение упоров при движении рамы вверх-вниз, 2 – положение упоров в крайне верхнем положении рамы

Fig. 2. Operation of the stops under the frame: 1 – position of the stops when the frame moves up and down, 2 – position of the stops in the highest position of the frame

Для оценки прочностных характеристик и работоспособности разработанной конструкции подъемного устройства был проведен комплексный конечно-элементный анализ в среде инженерного моделирования Autodesk Inventor. Применение данной программы актуально при разработке современных образцов пожарного оборудования [11-13]. Целью расчета было определение напряженно-деформированного состояния конструкции при действии эксплуатационных нагрузок, проверка ее на соответствие условиям прочности и жесткости, а также выявление потенциальных зон концентрации напряжений.

На первом шаге в программе Autodesk Inventor разработана трехмерная модель с точным соответствием заданным геометрическим параметрам: рама моделировалась как сборная конструкция из профиля «равнополочный уголок 60х60х6 мм». Балки моделировались как набор пяти элементов из «прямоугольного профиля 50х32х3 мм», равномерно распределенных с шагом 400 мм внутри рамы

Сварные соединения между балками и рамой считались абсолютно жесткими. При статическом анализе в положении «Верхнее (рабочее)» тросы были исключены из расчета, так как нагрузка передается на упоры. Моделирование учитывало данное граничное условие. В качестве материала принята Сталь 3. Расчет проводился для наихудшего сценария — положения конструкции

в верхнем рабочем состоянии, когда она опирается на упоры. Приложены следующие нагрузки: 1200 Н на каждую балку, из расчета, что максимальный вес мокрого пожарного рукава диаметра 77 мм составит 20 кг.

Собственный вес конструкции учитывался автоматически путем задания стандартного гравитационного ускорения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$). Модель была дискретизирована на конечные элементы с использованием стандартного тетраэдрального элемента. Для обеспечения точности результатов был проведен тест на сходимость сетки. Размер конечного элемента был подобран таким образом, чтобы дальнейшее его измельчение не приводило к изменению максимальных значений напряжений и перемещений более чем на 2 %. В зонах сварных соединений и в местах приложения сосредоточенных нагрузок размер сетки был локально уменьшен. Для проверки адекватности КЭ-модели был проведен упрощенный поверочный расчет балок на прочность и жесткость по классическим формулам сопромата. Результаты ручного расчета (максимальные напряжения и прогибы) показали хорошую корреляцию с данными, полученными в Autodesk Inventor, что подтверждает достоверность численного моделирования.

На рис. 3 представлено распределение напряжений по результатам расчета конструкции в Autodesk Inventor.

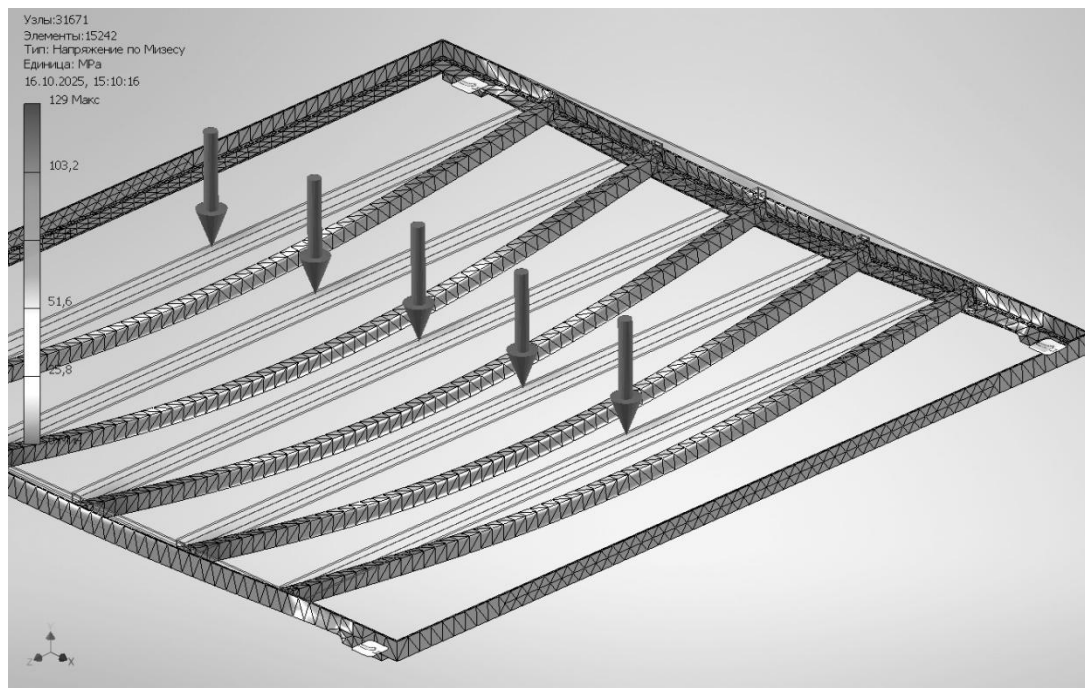


Рис. 3. Распределение напряжений в конструкции рамы
Fig. 3. Stress distribution in the frame structure

На основе полученных данных, при которых максимальное напряжение составило 129 МПа, коэффициент запаса прочности 2,71, можно сделать вывод о том, что конструкция удовлетворяет требованиям прочности и жесткости, так как допускаемое напряжение составляет 160 МПа.

При оценке эффективности подъемного устройства по сравнению с механической лебедкой, требующей от пожарного значительных физических усилий и времени для подъема и фиксации каждого рукава в отдельности, можно оценить время подъема, эргономику и безопасность, и экономический эффект. Что касается времени подъема, то время подъема решетки электролебедкой (около 1 минуты) становится незначимым по сравнению с временем многократного вращения ручной лебедки и поэтапного подъема пожарных рукавов. Эргономика и безопасность: при использовании ручной лебедки основная нагрузка приходится на мышцы спины, плечевого пояса и кистей рук, что создает риск возникновения микротравм и профессиональных заболеваний. Разработанная конструкция позволяет управлять процессом с помощью кнопочного поста. Это не только снижает утомляемость, но и минимизирует вероятность несчастных случаев. Экономический эффект: сокращение времени обслуживания рукавов напрямую повышает пропускную способность сушилки и высвобождает время личного состава для выполнения других задач. Снижение физической нагрузки может привести к уменьшению количества больничных листов по причине профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Проведенное исследование позволило достигнуть поставленной цели по разработке и совершенствованию подъемного устройства для по-

жарных рукавов в башенной сушилке. В результате работы была спроектирована новая, более эффективная конструкция, которая за счет группового подъема партии из 30 рукавов и применения электромеханического привода с системой автоматического управления позволяет существенно повысить производительность процесса сушки и снизить трудоемкость операций. Практическая значимость разработки подтверждена результатами комплексного прочностного анализа, проведенного в среде Autodesk Inventor. Методом конечных элементов было установлено, что в наиболее нагруженном состоянии (верхнее рабочее положение с опорой на упоры) конструкция демонстрирует высокую прочность и жесткость. Максимальное эквивалентное напряжение в элементах рамы и балок не превышает 129 МПа, что обеспечивает коэффициент запаса прочности не менее 2,71 относительно предела текучести заданного материала. Полученные значения напряжений и деформаций значительно ниже допустимых, что свидетельствует о выполнении условий прочности и жесткости.

Таким образом, разработанное подъемное устройство является технически обоснованным и готово к практической реализации. Его внедрение в пожарно-спасательных подразделениях позволит автоматизировать трудоемкий процесс, минимизировать риск травматизма персонала и обеспечить поддержание пожарных рукавов в постоянной боевой готовности.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иванов В.Е., Пучков П.В., Легкова И.А., Покровский А.А.** Разработка технических решений по восстановлению работоспособности напорных пожарных рукавов. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2021. № 3(40). С. 30-37.
2. **Иванов В.Е., Пучков П.В., Легкова И.А., Покровский А.А.** Разработка устройств для технического обслуживания пожарных рукавов. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2021. № 4(41). С. 64-69.
3. **Легкова И.А., Зарубин В.П., Иванов В.Е., Покровский А.А.** Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2024. № 2(51). С. 47-55.
4. **Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.** Разработка мобильного комплекса для сушки напорных

REFERENCES

1. **Ivanov V.E., Puchkov P.V., Legkova I.A., Pokrovsky A.A.** Development of technical solutions for restoring the functionality of pressure fire hoses. *Modern problems of civil defense*. 2021. № 3(40). P. 30-37.
2. **Ivanov V.E., Puchkov P.V., Legkova I.A., Pokrovsky A.A.** Development of devices for the maintenance of fire hoses. *Modern problems of civil defense*. 2021. N 4(41). P. 64-69.
3. **Legkova I.A., Zarubin V.P., Ivanov V.E., Pokrovsky A.A.** Increasing the efficiency of fire-fighting equipment operation by creating the necessary conditions for its repair and maintenance. *Modern problems of civil defense*. 2024. N 2(51). P. 47-55.
4. **Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.** Development of a mobile complex for drying pressure fire hoses. *Modern high technologies. Regional application*. 2021. N 3 (67). P. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011.

- пожарных рукавов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 3 (67). С. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011
5. **Никифоров А.Л., Легкова И.А., Ульева С.Н., Колобов М.Ю.** Использование полимерных дисперсий для ремонта напорных пожарных рукавов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2024. № 2 (78). С. 96-98. DOI: 10.6060/snt. 20247802. 00013
6. **Пучков П.В., Иванов В.Е.** К вопросу о конструировании подъемных устройств для сушки пожарных рукавов в башенных сушилках. Материалы VI Международной научно-практической конференции «Гражданская оборона на страже мира и безопасности». 2022. С. 61-64.
7. **Пучков П.В., Иванов В.Е.** Исследование прочностных показателей наиболее нагруженных деталей башенной сушилки с использованием компьютерного моделирования. *Вестник машиностроения*. 2023. Т. 102, № 1. С. 85-87. DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-85-87.
8. **Иванов В.Е., Пучков П.В.** Использование современных методов исследования при разработке новых конструкций зажимов для восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов и оценка их технического состояния на основе компьютерного моделирования. *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2021. № 3. С. 114-118.
9. **Иванов В.Е., Пучков П.В., Легкова И.А.** Разработка рациональной конструкции зажима для восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2020. № 2(35). С. 54-60.
10. **Puchkov P.V., Ivanov V.E.** Strength of Lifting Devices in a Tower Dryer for Fire Hoses. *Russian Engineering Research*. 2023. Vol. 43, N 3. P. 297-298. DOI 10.3103/s1068798x23040275.
11. **Иванов В.Е., Пучков П.В.** Разработка рациональной конструкции устройства для разбивания автомобильных стекол при аварии. *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2023. № 5. С. 195-198. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-5-195-198.
12. **Пучков П.В., Иванов В.Е., Зарубин В.П.** Разработка конструкции устройства для навивания проволоки на соединительной арматуре. *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2023. № 6. С. 243-245. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-6-243-245.
13. **Блиничев В.Н., Лабути А.Н., Зуева Г.А., Колобов М.Ю., Алексеев Е.А., Волкова Г.В., Воробьев С.В., Козлов А.М., Кокурина Г.Н., Лысова М.А., Миронов Е.В., Натарева С.В., Невиницын В.Ю., Пономарева Ю.Н., Постникова И.В., Сахаров С.Е., Чагин О.В.** Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. вып. 7. С. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j
5. **Nikiforov A.L., Legkova I.A., Ulieva S.N., Kolobov M.Yu.** Use of polymer dispersions for repair of pressure fire hoses. *Modern high technologies. Regional application*. 2024. N 2 (78). P. 96-98. DOI: 10.6060/snt. 20247802. 00013
6. **Puchkov P.V., Ivanov V.E.** On the design of lifting devices for drying fire hoses in tower dryers. *Civil Defense on Guard of Peace and Security: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference "Civil Defense on Guard of Peace and Security"*. 2022. P. 61-64.
7. **Puchkov P.V., Ivanov V.E.** Study of strength indicators of the most loaded parts of a tower dryer using computer modeling. *Bulletin of Mechanical Engineering*. 2023. Vol. 102, N 1. P. 85-87. DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-85-87.
8. **Ivanov V.E., Puchkov P.V.** Using modern research methods in the development of new clamp designs for restoring the operability of pressure fire hoses and assessing their technical condition based on computer modeling. *Assembly in mechanical engineering, instrument making*. 2021. N 3. P. 114-118.
9. **Ivanov V.E., Puchkov P.V., Legkova I.A.** Development of a rational design of a clamp for restoring the operability of pressure fire hoses. *Modern problems of civil defense*. 2020. N 2(35). P. 54-60.
10. **Puchkov P.V., Ivanov V.E.** Strength of Lifting Devices in a Tower Dryer for Fire Hoses. *Russian Engineering Research*. 2023. V. 43, N 3. P. 297-298. DOI 10.3103/s1068798x23040275.
11. **Ivanov V.E., Puchkov P.V.** Development of a rational design of a device for breaking car windows in an accident. *Assembly in mechanical engineering, instrument making*. 2023. N 5. P. 195-198. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-5-195-198.
12. **Puchkov P.V., Ivanov V.E., Zarubin V.P.** Development of the design of a device for winding wire on connecting fittings. *Assembly in mechanical engineering, instrument making*. 2023. N 6. P. 243-245. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-6-243-245.
13. **Blinichev V.N., Labutin A.N., Zueva G.A., Kolobov M.Yu., Alekseev E.A., Volkova G.V., Vorobyov S.V., Kozlov A.M., Kokurina G. N., Lysova M.A., Mironov E.V., Natareev S.V., Nevinityn V.Yu., Ponomareva Yu. N., Postnikova I.V., Sakharov S.E., Chagin O.V.** Problems of developing energy- and resource-saving processes, reactor systems and intensive equipment, modeling and optimal control. *ChemChemTech [Izv. Vyssh.Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V 66. issue 7. P. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j

Поступила в редакцию(Received) 10.12.2025
Принята к опубликованию (Accepted) 05.02.2026