

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ДИСПЕРСИЙ ДЛЯ РЕМОНТА НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Никифоров А.Л., Легкова И.А., Ульева С.Н., Колобов М.Ю.

Никифоров Александр Леонидович, Легкова Ирина Анатольевна, Ульева Светлана Николаевна  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
г. Иваново, Россия, 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33.

E-mail: anikiforoff@list.ru; legkovai@mail.ru; jivotjagina@mail.ru

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

*Данная статья посвящена разработке новых способов и устройств, позволяющих осуществлять ремонт вышедших из строя напорных пожарных рукавов и восстанавливать их работоспособность, что подчеркивает актуальность и практическую значимость проводимого исследования. Для ремонта механических повреждений пожарных рукавов предложено использование полимерных составов на основе водных дисперсий полиуретанов или ПВХ-пластизолей с их последующей термофиксацией. Рассмотрены составы, имеющие высокое сродство к целлюлозосодержащим и полиэфирным текстильным материалам, которые используются при производстве напорных пожарных рукавов. Для тепловой обработки рекомендованы волновые методы, такие как ИК, ВЧ и СВЧ нагрев, которые более эффективны по сравнению с традиционными контактными и конвективными методами подвода тепла. Авторами разработаны устройства для проведения текущего и капитального ремонта пожарных рукавов.*

**Ключевые слова:** напорный пожарный рукав; повреждение; текущий ремонт; капитальный ремонт; восстановление работоспособности; полимерные составы; водные дисперсии; термофиксация

## USING POLYMER DISPERSIONS FOR REPAIRS PRESSURE FIRE HOSES

Nikiforov A.L., Legkova I.A., Uleva S.N., Kolobov M.Yu.

Nikiforov Alexander Leonidovich, Legkova Irina Anatolyevna, Uleva Svetlana Nikolaevna  
Ivanovo Fire and Rescue Academy of the SFS of Emercom of Russia,  
Ivanovo, Russia, 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley Ave., 33.

E-mail: anikiforoff@list.ru; legkovai@mail.ru; jivotjagina@mail.ru

Kolobov Mikhail Yurievich

Ivanovo State University of Chemical Technology,

Ivanovo, Russia, 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevsky Ave., 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

*This article is devoted to the development of new methods and devices that allow repairing failed fire pressure hoses and restoring their functionality, which emphasizes the relevance and practical significance of the research being carried out. To repair mechanical damage to fire hoses, it has been proposed to use polymer compositions based on aqueous dispersions of polyurethanes or PVC plastisols with their subsequent heat fixation. Compositions that have a high affinity for cellulose-containing and polyester textile materials that are used in the production of firefighting pressure hoses are considered. For heat treatment, wave methods are recommended, such as IR, HF and UHF heating, which are more effective compared to traditional contact and convective methods of heat supply. The authors have developed devices for carrying out current and major repairs of fire hoses.*

**Keywords:** pressure fire hose; damage; maintenance; major repairs; restoration of performance; polymer compositions; aqueous dispersions; heat setting

Ремонт пожарных рукавов является актуальным мероприятием, так как от исправности пожарно-технического вооружения зависит оперативность и эффективность проведения пожарно-спасательных работ, а продление сроков службы оборудования позволяет добиться существенной экономии материальных средств [1, 2].

Во время организации тушения пожаров напорные рукава подвергаются различным негативным воздействиям, в результате которых происходит их повреждение, что влечет снижение количества или полное прекращение подачи в зону горения огнетушащих веществ, и, как следствие, увеличение времени тушения и материально-го ущерба от пожара.

Основными причинами выхода из строя напорных пожарных рукавов (НПР) являются: разрывы, проколы, прогары, порезы и т.п. (рис. 1).

Следует отметить, что повреждение целостности рукавного изделия не позволяет использовать его в дальнейшем по прямому назначению. Однако, как показывает практика, большинство неисправностей пожарных рукавов могут быть устранены ремонтом [3]. Непосредственно при ведении боевых действий по тушению пожара при повреждении напорных пожарных рукавов для восстановления их работоспособности используют различные зажимы и другие механические приспособления [4, 5]. При обслуживании пожарных рукавов после использования их ремонтируют или наложением заплат на наружную поверхность клеевыми составами, или вулканизацией сырой резиной [6]. Несмотря на то, что в настоящее время оба этих способа достаточно широко применяются, есть необходимость в разработке новых эффективных и малозатратных методов ремонта.

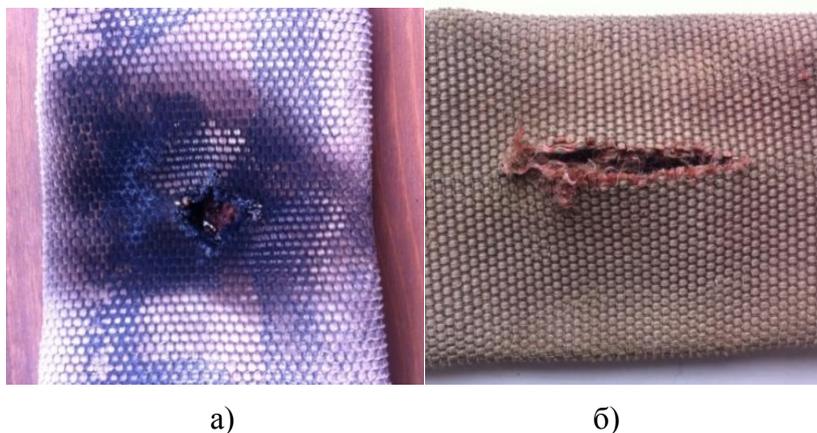


Рис. 1. Повреждения напорных пожарных рукавов: а) прогар, б) порез  
Fig.1. Damage to pressure fire hoses: a) burnout, b) cut

Следует отметить, что реальные сроки службы пожарных рукавов значительно меньше нормативной долговечности.

Это свидетельствует о том, что пожарные рукава являются дорогостоящей частью пожарно-технического вооружения, поэтому работа по ремонту и восстановлению работоспособности пожарных рукавов является не только важной технической, но и экономической задачей.

Таким образом, вопрос разработки новых способов ремонта вышедших из строя пожарных рукавов, позволяющих восстановить их работоспособность, является актуальным.

В связи с этим предлагается новый способ ремонта механических повреждений НПР с использованием полимерных составов на основе водных дисперсий полиуретанов или ПВХ-пластиков с их последующей термофиксацией.

В качестве водных дисперсий предлагается использовать полимерные композиции марки Лапрол, Аквапол, СВАН-500С.

Лапрол, Аквапол – это полиуретановые эластомеры, которые характеризуются высокими показателями механической прочности, износостойкостью, устойчивостью к набуханию в маслах и органических растворителях. Изделия на их основе обладают привлекательными эксплуатационными свойствами благодаря сочетанию эластичности и твердости [7].

Лапрол – российский бренд простых полиэфиров, представляющих собой однокомпонентные полиуретановые связующие, отверждающиеся под воздействием атмосферной влаги. Лапрол (марки ПП-3083, ПП-3086), образует высокопрочные упруго-эластичные водопроницаемые покрытия на основе резиновой крошки.

Эти полимерные композиции не содержат растворителей, наполнителей и пластификаторов, не требуют смешения со вторым компонентом, имеют оптимальную вязкость и обладают совместимостью и адгезией к изделиям на резиновой и текстильной основах. Предлагаемые композиции дают упругое, эластичное, износостойкое, водонепроницаемое покрытие, отличающееся высокой абразивной, химической и водостойкостью, а также устойчивостью к ударным нагрузкам.

Основу композиции марки Аквапол составляют водные полиуретановые дисперсии различной вязкости, которая зависит от содержания основного вещества, размера частиц, природы компонентов. Дисперсии стабильны при длительном хранении. Размер частиц может регулироваться в зависимости от конкретной области применения и может обеспечивать хорошие пленкообразующие свойства, позволяющие получить высококачественные глянцевые пленки, стабильные к циклам замораживание-оттаивание.

СВАН-500С - суспензия пигментов и наполнителей на основе акриловой дисперсии с добавлением различных вспомогательных веществ, обладающая совместимостью и адгезией к изделиям на резиновой основе.

ПВХ-пластизоли представляют собой дисперсию специальных сортов ПВХ-полимеров в жидком пластификаторе. В стандартных условиях пластизоли стабильны и представляют собой жидкую или пастообразную массу, а при нагревании пластизол «желируется», превращаясь в монолитный пластикат, обладающий хорошими физико-механическими свойствами, высоким электрическим сопротивлением и химической стойкостью.

Следует отметить, что все перечисленные составы имеют высокое сродство к целлюлозосодержащим и полиэфирным текстильным материалам, которые используются при производстве напорных пожарных рукавов. Данный факт был учтен и положен в основу предлагаемых подходов к решению проблемы восстановительного ремонта рукавной базы.

Ремонтные работы предлагается проводить в три этапа, выполняемых последовательно:

- 1) предварительная подготовка: очистка поврежденного участка рукава от загрязнений, обезжиривание, промежуточная сушка, нанесение адгезивного состава на поврежденный участок и прилегающую к нему площадь;

- 2) нанесение полимерного состава (ПВХ-пластизоля или водных полимерных дисперсий);

- 3) фиксация полимерного покрытия тепловой обработкой.

Последняя стадия является одной из наиболее ответственных операций, так как механическая прочность полимерной пленки, сформированной на поверхности поврежденного участка рукава, так и сила ее сцепления с поверхностью определяются полнотой протекания процесса отверждения (желирования – при использовании ПВХ-пластизоля и степенью полимеризации для латексов) [8, 9]. Для придания ремонтному покрытию дополнительной прочности могут быть использованы армирующие слои, выполненные из тканых текстильных материалов типа марли или мелкой сетки. Следует отметить, что использование водных растворов полимерных дисперсий для восстановления работоспособности ПНР предполагает проведение как капитального, так и локального (текущего) ремонтов.

В обоих случаях для получения пленочных покрытий используется тепловая обработка. Для нагрева можно использовать традиционные контактный и конвективный методы подвода тепла, однако данные способы затратны, имеют низкий КПД использования тепловой энергии и существенно уступают по всему набору показателей эффективности волновым методам нагрева, таким как ИК, ВЧ и СВЧ нагрев.

Для текущего ремонта напорного пожарного рукава при незначительной площади повреждений для термофиксациинанесенной полимерной композиции предлагается использование инфракрасного (ИК) излучения. Данный способ отличается высокой эффективностью при прогреве тонких поверхностных слоев, что идеально подходит для нашего случая. Кроме всего прочего скорость и эффективность ИК-нагрева значительно превосходит по данным показателям конвективные методы нагрева и выгодно отличается от контактного нагрева, который реализуется при ремонте рукавов для вулканизации жидкой резины.

Для проведения ремонта предложенным способом нами разработана мобильная малогабаритная ИК-установка (рис. 2), которая может работать как от электрической сети, так и от аккумулятора или генератора автомобиля, что позволяет использовать её не только в помещении пожарно-спасательной части, но и на выезде. Установка представляет собой цилиндрический металлический кожух 1, выполненный в виде двух симметричных половин, соединенных друг с другом дверной или мебельной петлей с целью облегчения размещения внутри ремонтируемого участка рукава. Внутри половин корпуса размещаются ИК-излучатели 2, снабженные отражателем 3 из полированного алюминия.

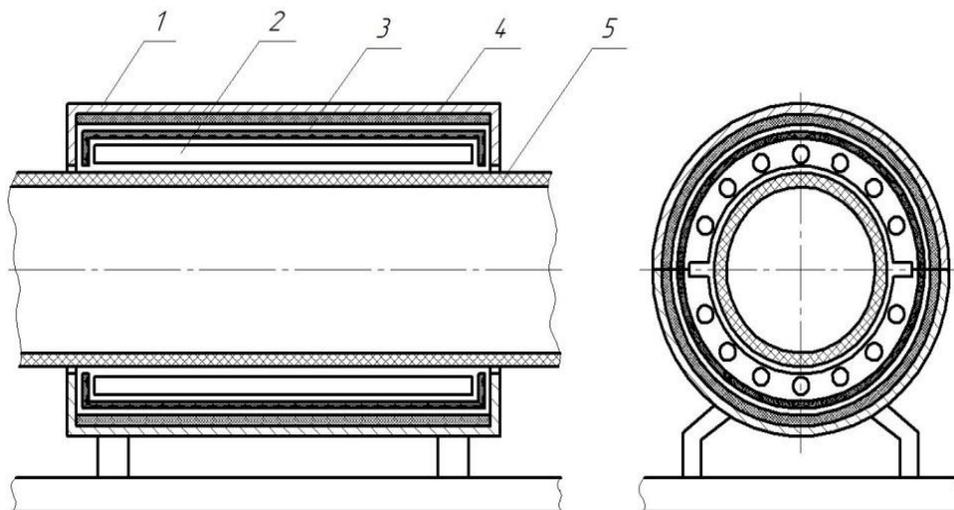


Рис. 2. Установка для текущего ремонта напорного пожарного рукава:

1 – корпус; 2 – инфракрасный излучатель; 3 – отражатель;  
4 – теплоизолятор; 5 – пожарный рукав

Fig. 2. Installation for routine maintenance of a pressure fire hose:

1 – housing; 2 – infrared emitter; 3 – reflector;  
4 – heat insulator; 5 – fire hose

Между кожухом и отражателем расположен теплоизолирующий слой 4 каменной ваты. ИК-элементы крепятся на поверхности отражателя с помощью керамических изоляторов [10]. На поврежденный участок рукава, прошедший предварительную подготовку, наносят полимерный состав, затем помещают его в установку и подвергают тепловой обработке в течение от 30 до 60 секунд. При этом рабочая температура внутри установки должна составлять 180-220°C для ПВХ-пластизола и 160-180°C для водно-дисперсионных составов (время фиксации 60-45 секунд).

Обработка тепловых режимов установки производится в процессе ее изготовления, поэтому в целях ее упрощения и удешевления она не снабжается средствами контроля температуры. Контроль завершенности процесса – визуальный. Продолжительность обработки определяется с помощью доступных таймеров (часы или мобильный телефон с функцией таймера). Не рекомендуется превышать продолжительность тепловой обработки более 90 секунд во избежание порчи изделия. Что касается осуществления капитального ремонта напорных пожарных рукавов, т.е. для восстановления целостности поверхности всего рукава, то для термофиксации нанесенного полимерного состава используем нагрев в поле токов ВЧ/СВЧ. Нами разработана конструкция пилотной установки, изготовление которой планируется первоначально в виде действующего макета. В дальнейшем при доработке и масштабировании

может быть изготовлена полноценная промышленная установка (рис. 3). Ремонтруемый рукав 5 при проведении работ помещается вертикально в защитный чехол 6, предотвращающий разбрызгивание полимерной композиции.

Ремонтируемый рукав заполняется полимерной водной дисперсией, которая имеет необходимую вязкость и подается самотеком из питающей емкости 1 (при вертикальном расположении установки), либо нагнетается насосом при небольшом давлении (для горизонтальной установки). После выдерживания рукава, заполненного полимерной композицией, в течение 3-5 минут излишки композиции перемещаются в емкость для сбора 9.

В ходе выполнения ремонтных работ полимерная композиция используется многократно, для чего осуществляется ее периодическая перекачка из емкости 9 в емкость 1. После этого производится термическая фиксация полимера на поверхностях рукава, для чего используется СВЧ-устройство 8, перемещающееся вдоль ремонтруемого рукава с определенной скоростью. Пожарный рукав, прошедший обработку, извлекается из установки и направляется на испытания и последующую эксплуатацию, либо повторную обработку (при необходимости) [11].

Для более полных рекомендаций по ремонту пожарных рукавов планируется проведение расширенных испытаний, направленных на оптимизацию процесса.

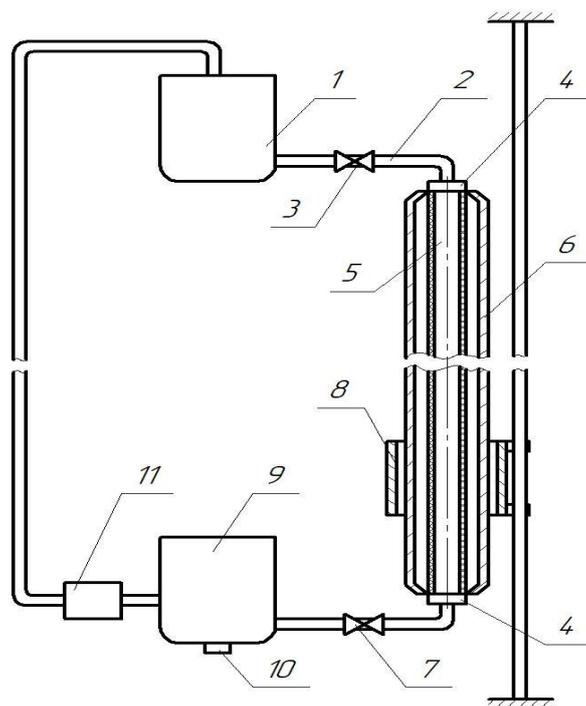


Рис. 3. Схема установки для капитального ремонта напорных пожарных рукавов:

- 1 – емкость с составом для обработки; 2 – трубопровод; 3 – запорный клапан;  
4 – соединительная головка; 5 – пожарный рукав; 6 – защитный чехол; 7 – запорный клапан; 8 – устройство СВЧ-нагрева; 9 – емкость для сбора полимерной композиции; 10 – клапан для слива состава; 11 – насос

Fig. 3. Installation diagram for overhaul of pressure fire hoses:

- 1 – container with the composition for processing; 2 – pipeline; 3 – shut-off valve;  
4 – connecting head; 5 – fire hose; 6 – protective cover; 7 – shut-off valve; 8 – UHF heater device; 9 – container for collecting the polymer composition; 10 – valve for draining the composition; 11 – pump

#### Выводы:

- предлагаемые способы позволят производить ремонт поврежденных и изношенных пожарных рукавов с использованием современных отечественных экологически- и пожаро- безопасных полимерных дисперсий;

- применение ИК или СВЧ нагрева для отверждения полимерных покрытий позволит существенно сократить продолжительность теплового процесса и повысить прочностные характеристики изделия.

Таким образом, предложенные способы восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов позволят оперативно устранять их неисправности и поддерживать их техническое состояние в надлежащем виде, что в свою очередь повысит боевую готовность и оперативность пожарно-спасательных подразделений на пожаре.

*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. **Елфимова М.В.** Обслуживание пожарных рукавов. Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2010. № 3 (54). С. 55-62.
2. **Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.** Разработка мобильного комплекса для сушки напорных пожарных рукавов. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 3 (67). С. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011
3. ГОСТ Р 51049-2008 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

#### REFERENECES

1. **Elfimova M.V.** Fire hose maintenance. Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2010. N 3 (54). P. 55-62.
2. **Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.** Development of a mobile complex for drying pressure fire hoses. Modern high technology. Regional application. 2021. N 3 (67). P. 77-82. DOI: 10.6060/snt.20216703.00011
3. GOST R 51049-2008 Fire fighting equipment. Firefighting pressure hoses. General technical requirements. Test methods.

4. **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. № 3 (40). 2021. С. 30-37.
5. **Сараев И.В., Мурза И.М.** Устройства для проведения оперативного ремонта напорных пожарных рукавов на пожаре. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России. 2020. С. 97-100.
6. ГОСТ Р 53277-2009. Техника пожарная. Оборудование по обслуживанию пожарных рукавов. Общие технические требования. Методы испытаний.
7. **Николаенко Г.Р., Кулевцов Г.Н., Степин С.Н.** Применение полиуретановых дисперсий в отделочных процессах кожевенной промышленности. Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т.15. № 22. С. 89-94.
8. **Циркина О.Г., Дрогун А.Е., Никифоров А.Л.** Исследование возможности применения диэлектрического нагрева для совершенствования технологических процессов получения ПВХ-покрытий. Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2011. Т. 11. № 1. С. 33-35.
9. **Дрогун А.Е., Циркина О.Г., Никифоров А.Л.** Особенности процесса желирования ПВХ-пластизолой в поле токов высокой частоты при формировании полимерных покрытий на текстильных материалах. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. № 4 (325). 2010. С. 67-70.
10. **Легкова И.А., Ульяева С.Н., Никифоров А.Л.** Разработка новых решений по восстановлению работоспособности пожарных рукавов. Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2023. С. 335-339.
11. **Никифоров А.Л., Ульяева С.Н., Легкова И.А.** Новые подходы к выполнению капитального ремонта пожарных рукавов. Современные проблемы гражданской защиты. № 2 (47). 2023. С. 99-106.
4. **Ivanov V.E., Puchkov P.V., Legkova I.A., Pokrovsky A.A.** Development of technical solutions to restore the functionality of pressure fire hoses. Modern problems of civil protection. N 3 (40). 2021. P. 30-37.
5. **Saraev I.V., Murza I.M.** Devices for carrying out operational repairs of pressure fire hoses during a fire. Reliability and durability of machines and mechanisms: collection of materials of the XI All-Russian scientific and practical conference. Ivanovo: IPSA State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2020. P. 97-100.
6. GOST R 53277-2009. Fire equipment. Equipment for servicing fire hoses. General technical requirements. Test methods.
7. **Nikolaenko G.R., Kulevtsov G.N., Stepin S.N.** Application of polyurethane dispersions in finishing processes of the leather industry. Bulletin of Kazan Technological University. 2012. T.15. N 22. P. 89-94.
8. **Tsirkina O.G., Drogun A.E., Nikiforov A.L.** Study of the possibility of using dielectric heating to improve technological processes for producing PVC coatings. News of higher educational institutions. Light industry technology. 2011. T. 11. N 1. P. 33-35.
9. **Drogun A.E., Tsirkina O.G., Nikiforov A.L.** Features of the process of gelling PVC plastisols in a high-frequency current field during the formation of polymer coatings on textile materials. News of higher educational institutions. Textile industry technology. N 4 (325). 2010. P. 67-70.
10. **Legkova I.A., Uleva S.N., Nikiforov A.L.** Development of new solutions to restore the functionality of fire hoses. Topical issues of improving engineering systems for ensuring fire safety of objects: collection of materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2023. P. 335-339.
11. **Nikiforov A.L., Uleva S.N., Legkova I.A.** New approaches to performing major repairs of fire hoses Modern problems of civil protection. N 2 (47). 2023. P. 99-106.

Поступила в редакцию 03.04.2024  
Принята к опубликованию 08.05.2024

Received 03.04.2024  
Accepted 08.05.2024