УДК 614.84
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_194

РАЗРАБОТКА НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ПОДХОДОВ К ВЫБОРУ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ И АДГЕЗИВОВ ДЛЯ РЕМОНТА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

DEVELOPMENT OF SCIENTIFICALLY BASED APPROACHES THE SELECTION OF POLYMER COMPOSITIONS AND ADHESIVES FOR FIRE HOSE REPAIRING

А.Л. НИКИФОРОВ[1], С.Н. УЛЬЕВА[1], И.А. ЛЕГКОВА[1], Н.Ю. НОВИЧКОВА[1], В.Е. РУМЯНЦЕВА[1,2]

A.L. NIKIFOROV[1], S.N. ULEVA[1], I.A. LEGKOVA[1], N.Yu. NOVICHKOVA[1], V.E. RUMYANTSEVA[1,2]

**([1]Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
[2]Ивановский государственный политехнический университет)**

**([1]Ivanovo Fire and Rescue Academy of the SFC of EMERCOM of Russia,
[2]Ivanovo State Polytechnic University)**

E-mail: anikiforoff@list.ru; jivotjagina@mail.ru; legkovai@mail.ru; n.nature@mail.ru; varrym@gmail.com

Поддержание работоспособности напорных пожарных рукавов является актуальной задачей обеспечения боеготовности пожарных подразделений. Важным вопросом является продление сроков службы данных изделий, что может быть обеспечено проведением их своевременного и качественного ремонта. Для ремонта напорных пожарных рукавов ранее авторами был предложен новый способ с использованием полимерных составов и их последующей термофиксацией. На текущем этапе исследования выявлено, что наилучшие результаты ремонта достигаются при использовании полиуретановых суспензий. Установлено, что для термофиксации эффективнее использовать СВЧ-нагрев, что обусловлено равномерностью прогрева по всему объему материала и более полным протеканием процессов отверждения полимеров. Отмечено, что наиболее ответственным моментом ремонта является обеспечение адгезионной прочности соединения материала рукава с формируемым на нем ремонтным полимерным покрытием. В данной статье проведен анализ свойств адгезионных материалов, подходящих по составу и способу нанесения; приведены результаты испытания их на прочность; выявлен адгезив, рекомендуемый для ремонта напорных пожарных рукавов полимерными составами.

Maintaining the functionality of pressure fire hoses is an urgent task in ensuring the combat readiness of fire departments. It is important to extend the service life of these products, which can be achieved through timely and high-quality repairs. For the repair of pressure fire hoses, the authors previously proposed a new method using polymer compositions and subsequent thermal fixation. At the current stage of the study, it was discovered that the best results are achieved when using polyurethane suspensions. It has been established that it is more effective to use microwave heating for thermal fixation, which is due to the uniform heating of the entire volume of the material and the more complete curing of the polymers. It has been noted that the most critical aspect of repair is ensuring the adhesive strength of the sleeve material with the repair polymer coating formed on it. This article analyzes the properties of adhesive materials suitable in composition and application

method; the results of their strength tests are presented. An adhesive recommended for repairing pressure fire hoses with polymer compounds has been identified.

Ключевые слова: напорные пожарные рукава, ремонт рукавов, полимерные материалы, адгезив, испытание.

Keywords: pressure fire hoses, hose repair methods, polymeric materials, adhesive, test.

Введение

От исправности пожарно-технического вооружения зависит эффективность проведения пожарно-спасательных работ, при этом наиболее часто используемым, но и самым уязвимым оборудованием по-прежнему остаются пожарные рукава [1]. Их ограниченный срок службы обусловлен сложными условиями эксплуатации, а также недостаточно тщательной организацией их обслуживания [2, 3]. Повреждения пожарных рукавов (прогары, порезы, проколы и т. п.) в ходе тушения пожара могут привести к сбоям в подаче огнетушащих веществ, что увеличивает продолжительность и сложность проводимых работ. Поэтому поддержание пожарных рукавов в исправном состоянии является важной технической задачей [3, 4].

Основная цель технического обслуживания пожарных рукавов – обеспечить надежность, работоспособность рукавов и соответствие их состояния нормам безопасности [5…8]. После каждого использования рукава проходят обязательный цикл обслуживания, включающий мойку, внешний осмотр, испытание, сушку, скатку; при обнаружении дефектов проводится ремонт (ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний; ГОСТ Р 53277-2009. Техника пожарная. Оборудование по обслуживанию пожарных рукавов. Общие технические требования. Методы испытаний).

В настоящее время ремонт пожарных рукавов производится двумя основными способами – наклеиванием заплат на наружную поверхность рукава клеевыми составами и вулканизацией сырой резиной (ГОСТ Р 51049-2019). Однако данные способы устарели, так как предполагают использование неэффективных материалов, требуют существенных затрат труда и времени и не обеспечивают необходимой надежности отремонтированного изделия. Поэтому актуальной становится разработка новых более эффективных и менее затратных методов ремонта пожарных рукавов [9…12].

В статье [13] авторами предложен новый способ ремонта напорных пожарных рукавов с использованием полимерных составов и их последующей термофиксацией. В результате проведенного анализа технических характеристик и эксплуатационных свойств полимеров выбраны составы, имеющие высокое сродство к целлюлозосодержащим и полиэфирным текстильным материалам, которые используются при производстве напорных пожарных рукавов: ПВХ-пластизоли, водные полиуретановые дисперсии, силиконовые герметики. Предложена технология проведения ремонта, основанная на использовании данных составов в качестве клеящей основы, отверждение которых производится с использованием волновых методов нагрева (ИК, ВЧ или СВЧ), которые более эффективны по сравнению с традиционными контактным и конвективным методами [13, 14].

Следует отметить, что новый способ восстановления напорных пожарных рукавов предполагает проведение как капитального, так и текущего (локального) ремонта [15]. Авторами разработаны установки, позволяющие реализовать на практике ремонт пожарных рукавов предложенным способом [16, 17].

Предварительные исследования

Для отработки методики проведения ремонтных работ отремонтированный участок пожарного рукава проходил испытания, результатом оценки которых является способность выдерживать рабочее давление

внутри рукава [18] и адгезия наносимого ремонтного покрытия к материалу рукава.

Так как в процессе эксплуатации и технического обслуживания пожарный рукав испытывает циклические нагрузки от максимального давления внутри рукава при подаче огнетушащих веществ, необходимо проведение циклических испытаний единичного образца на предмет определения отслаивания ремонтного полимерного покрытия от материала рукава, или, другими словами, адгезионных показателей ремонтного покрытия. Для этого определимся, что такое адгезия.

Под адгезией принято понимать сцепление, возникающее между двумя приведенными в соприкосновение разнородными материалами, то есть адгезия – это сцепление между клеящим веществом и склеиваемой поверхностью (субстратом).

Однако качество ремонтного полимерного покрытия и свойства клеевого шва определяются не только адгезией, но и когезией – сцеплением внутри клеевых материалов (т. е. внутри клеевого шва) (рис. 1).

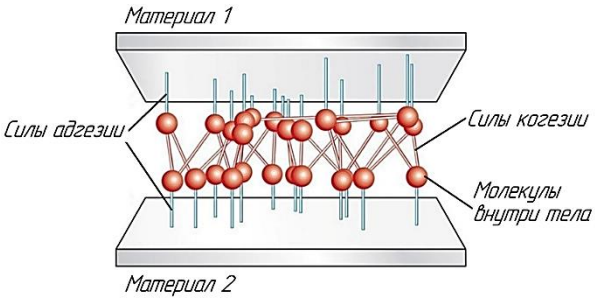

Рис. 1

Следует отметить, что качество клеевого шва можно улучшить за счет использования специальных составов – адгезивов, которые обладают высоким сродством к склеиваемым поверхностям. Адгезивы – это специальные пропиточные полимерные материалы, обеспечивающие сцепление полимера с полимером, используются для повышения прочности соединения разных по плотности или однородных материалов [19, 20].

Адгезионная прочность характеризуется измерением механической прочности, т. е. силой, которую необходимо приложить для разрушения адгезионного соединения, отнесенной к площади адгезионного контакта.

На рис. 2 показан характер разрушения клеевого соединения: а и б – когезионный; в – адгезионный; г – на 60% адгезионный и на 40% когезионный (ГОСТ Р 56977-2016. Композиты полимерные. Классификация типов разрушения клеевых соединений).

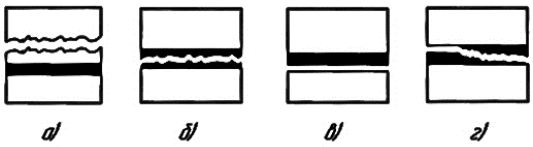

Рис. 2

Наиболее важными факторами, определяющими качество ремонтного полимерного покрытия, являются:

- качественная подготовка поврежденных поверхностей (очистка поверхностей, обезжиривание);
- соблюдение рабочих температур и условий нанесения ремонтных составов (высокая или низкая влажность воздуха или материалов, избыточное или недостаточное количество наносимого полимера);
- соблюдение технологии отверждения полимерного состава на всех этапах (недостаточное давление при склеивании, несоблюдение времени открытой и закрытой выдержки или времени прессования и другие технологические факторы могут негативно сказаться на свойствах ремонтного покрытия).

Ранее для проведения испытаний пожарных рукавов нами были разработаны экспериментальные установки, позволяющие оценить влияние давления воды на прочность отремонтированных участков [21]. Варьировались составы полимерных композиций и способы термического воздействия (ИК-нагрев, нагрев в СВЧ-печи и сушильном шкафу). По результатам испытаний наилучшие результаты показал полиуретан при использовании СВЧ-нагрева, что связано с более полной степенью протекания процесса отверждения полимера и равномерностью распределения температурных полей внутри слоев. Наихудшие результаты показал нагрев в сушильном шкафу, что объясняется особенностями протекания тепломассообменных процес-

сов [13, 14]. Однако еще одним важным качественным показателем ремонта является прочность сцепления (адгезия) ремонтного полимерного состава с ремонтируемой поверхностью (материалом) пожарного рукава. Для этого на данном этапе исследования осуществлялся выбор полимерных составов, которые обеспечивают наиболее качественное проведение ремонта пожарных рукавов.

Материалы и методы

При проведении эксперимента использованы ПВХ-пластизоли, полиуретановые дисперсии, силиконовые герметики и др. В качестве ремонтируемого изделия взят напорный пожарный рукав диаметром 51 мм, наиболее часто используемый при тушении пожаров.

Испытания проводились следующим образом:

- из напорного пожарного рукава вырезались плоские образцы шириной 50 мм и длиной 150 мм; для испытаний подготавливалось по десять одинаковых образцов;

- на пару одинаковых по размеру образцов наносился полимерный ремонтный состав на участок площадью 2500 мм^2, при этом толщина нанесенного слоя полимера после высыхания составляла 1,5±0,2 мм;

- производилось склеивание подготовленных образцов ремонтной полимерной композицией с последующей термофиксацией; испытания проводились на сдвиг (рис. 3, а) и раздир (рис. 3, б) склеенного шва, стрелками на рис. 3 (1 – участок пожарного рукава; 2 – полимер) показаны направления разрывного усилия;

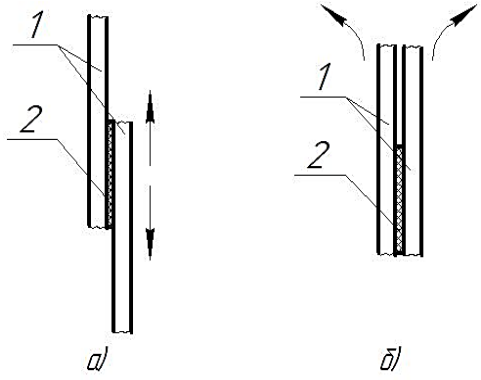

Рис. 3

- термофиксация образцов осуществлялась с использованием сушильного шкафа (T = 180±5°C, t = 120 с) и СВЧ-печи (P = 1 КВт, t = 30 с); ИК-нагрев в данном случае использовать было нецелесообразно;

- подготовленные таким образом образцы испытывали на прочность на разрывной машине Р-5 для определения прочностных характеристик сцепления полимера с ремонтируемой поверхностью (рис. 4).

Рис. 4

Результаты и обсуждения

Средние значения усилия разрыва склеенных поверхностей для образцов, прошедших термофиксацию в сушильном шкафу, приведены в табл. 1, в табл. 2 – для образцов, прошедших термофиксацию в СВЧ-печи.

Таблица 1

Средние значения усилия разрыва для образцов, прошедших термофиксацию в сушильном шкафу, Н							
силиконовый герметик		полиуретан (водная дисперсия)		полиуретан (дисперсия в органическом растворителе)		ПВХ-пластизоль	
сдвиг	раздир	сдвиг	раздир	сдвиг	раздир	сдвиг	раздир
178	80	1830	1040	1960	1120	1630	970

Таблица 2

Средние значения усилия разрыва для образцов, прошедших термофиксацию в СВЧ-печи, Н							
силиконовый герметик		полиуретан (водная дисперсия)		полиуретан (дисперсия в органическом растворителе)		ПВХ-пластизоль	
сдвиг	раздир	сдвиг	раздир	сдвиг	раздир	сдвиг	раздир
200	80	2020	1220	2160	1240	1850	1200

Проведенные испытания показали наилучшие результаты при использовании органической полиуретановой дисперсии. Несколько худшие результаты были получены для водной полиуретановой дисперсии. Однозначно не подходит для ремонта рукавов силиконовый герметик. ПВХ-пластизоль имеет привлекательность только с точки зрения доступности и низкой стоимости по сравнению с полиуретанами. Однако, на наш взгляд, следует остановить выбор на использовании в качестве ремонтной полимерной композиции водной дисперсии полиуретана, что обосновано ее относительной пожарной безопасностью (в процессе ремонта производится термическое отверждение полимера) в сравнении с органической дисперсией. Для термофиксации эффективнее использовать СВЧ-нагрев, что обусловлено равномерностью прогрева по всему объему материала и более полным протеканием процессов отверждения полимеров [16]. В дальнейшем для термофиксации образцов использовался только СВЧ-нагрев.

При этом следует отметить, что при проведении испытаний наблюдался отрыв полимерного покрытия от поверхности рукава (рис. 5), что говорит о недостаточной адгезии выбранных полимеров к материалу рукава. В связи с этим рассмотрены возможности улучшения адгезии за счет использования промежуточных составов (адгезивов), которые применяются в других отраслях при склеивании различных материалов, например в строительстве.

Рис. 5

Выбор адгезивов

Строительные адгезивы содержат быстроотверждающиеся полимерные соединения, как правило, представляющие собой двухкомпонентные составы, которые сохраняют свои свойства при широком диапазоне температур, легко наносятся, обладают быстрым временем схватывания. Некоторые составы характеризуются влагостойкостью, могут использоваться во влажных условиях. Правильный подбор адгезива будет обеспечивать прочность клеевого соединения.

Рассмотрим адгезивы, которые наиболее подходят для рассматриваемого нами варианта по составу и способу нанесения.

Цианоакрилат (цианоакрилатный клей) характеризуется высокой адгезией к большинству материалов. Это свойство связано с тем, что мономеры цианоакрилата быстро полимеризируются в присутствии воды, образуя прочные молекулярные цепи, которые связывают поверхности.

Среди положительных характеристик можно отметить:

- быстрое отверждение (полимеризация клея наступает в течение нескольких секунд);
- прочность клеевого шва (состав выдерживает нагрузки на сдвиг и растяжение);
- высокая эластичность (некоторые цианоакрилатные клеи сохраняют целостность при изгибе до 180°);
- химическая стабильность (компоненты клея устойчивы к воздействию спирта, фреона, изопропанола, бензина, машинного масла);
- простота использования (цианоакрилатные клеи наносятся только на одну поверхность, вторая соединяемая поверхность прижимается к месту нанесения клея).

Среди недостатков можно отметить то, что адгезионный слой ломкий, поэтому цианоакрилатный клей не подходит для склеивания деталей, которые подвержены ударам и вибрации, кроме того, при большой силе механического воздействия возможно растрескивание. Еще одним недостатком является низкая термостойкость, в обычных цианоакрилатных адгезивах она составляет 70…80 °С, модифицированных – до 125 °С. При достижении температуры 100 °С прочность соединения начинает быстро падать, а большинство полимерных цианоакрилатов начинают термически разлагаться при температурах, приближающихся к 140 °С. Поэтому цианоакрилатный клей не рекомендуется использовать в местах, где происходят периодические нагрев и охлаждение, так как он может выкрашиваться [22, 23].

Среди условий применения требуется подготовка поверхности с очисткой от грубых загрязнений и обезжиривание растворителем.

Полиуретан (полиуретановый клей) – универсальный адгезив, который обеспечивает прочное, эластичное и долговечное соединение с разнообразными материалами. Это свойство связано со способностью полиуретана эффективно смачивать поверхность большинства материалов, образовывать водородные связи и проникать в пористые поверхности.

Полиуретановый клей состоит из двух основных компонентов: полиола и изоцианата. Эти компоненты химически реагируют между собой, образуя прочный полимерный материал, кроме того, в состав могут входить дополнительные компоненты и модификаторы, которые улучшают свойства клея, адаптируя его под определенные требования, в том числе улучшая адгезию к различным материалам. Существуют добавки, которые управляют текучестью клеевой массы и предотвращают стекание клея на вертикальных поверхностях, обеспечивая более удобное применение. Добавки наполнителей и стабилизаторов улучшают механические свойства клеевой массы (прочность и устойчивость к ударам) и обеспечивают стабильность и продолжительный срок хранения клея.

Полиуретановые адгезивы обладают высокой адгезией к различным типам поверхностей, в том числе полимерам. После отверждения формируют эластичный клеевой шов, способный поглощать вибрации и удары, предотвращая разрушение соединения. Обладают высокой химической, атмосферной стойкостью и термостойкостью, в том числе к гидролизу, озону, ультрафиолетовому излучению и многим химическим веществам, позволяют использовать клей как при очень низких, так и высоких температурах.

Полиуретановые клеи устойчивы к температурным колебаниям. Стандартные полиуретановые клеи сохраняют свойства в диапазоне от -40°С до +120°С, а некоторые специальные формулы выдерживают еще более экстремальные температуры. Термостойкость позволяет клеям эффективно работать даже в условиях значительных температурных нагрузок без разрушения клеевого слоя или потери адгезии.

Ограничением к применению данного адгезива является невозможность его использования для склеивания изделий, которые будут эксплуатироваться поблизости от сильных окислителей, кетонов, хлорированных углеводородов [24, 25].

Хлоропреновые клеи – это клеевые композиции на основе полихлоропренового каучука (синтетического полимера хлоро-

прена). Такие клеи могут быть однокомпонентными и двухкомпонентными. Основу хлоропренового адгезива составляет полихлоропреновый каучук, он кристаллизуется уже при комнатной температуре, образуя пленки с высокой когезионной прочностью. Кроме того, в состав композита могут входить: растворители (толуол, бензол, бензин, этилацетат), смолы в качестве модификаторов смолы, вулканизаторы (оксиды цинка и магния), "сшиватели" (изоциант), антиоксиданты (замедляющие старение), наполнители, для повышения адгезионной прочности клеи могут модифицироваться феноло-формальдегидными смолами.

Клеи проявляют хорошую адгезию к резинам на основе полярных каучуков, резинотканевым материалам, коже, дереву, тканям, керамике. Обладают высокой устойчивостью к воде, этиловому спирту, смазкам, слабым щелочам и кислотам, соляному туману, ацетону, устойчивостью к механическим воздействиям (стыки и швы устойчивы к вибрациям, отдиранию, сдвигу, продолжительным статическим нагрузкам (0,2…0,7 МПа)).

Термостойкость хлоропренового клея зависит от его типа. Для самовулканизующихся клеев интервал рабочих температур клеевых соединений – от -50 до 70 °С. Для клеев, вулканизующихся при повышенной температуре, этот показатель может достигать 100…150 °С [26].

Время отверждения хлоропренового клея зависит от состава и условий склеивания. В зависимости от состава время отверждения может составлять (клей Unionflex): 5…7 минут – время сушки, 30…45 минут – открытое время. Максимальная прочность клеевого шва достигается в течение 72 часов. Для клея Akfix 202 – 15…30 минут до испарения растворителя перед соединением деталей. После выдержки на поверхности склеиваемых материалов должна образоваться видимая пленка из клея. Для клея "Луч ПХК" 2013 – 10…15 минут – сушка после первого нанесения, 40…60 минут – сушка после второго нанесения. Для вспомогательного крепления – неполное высыхание клеевых пленок (10…20 минут) и последующее холодное склеивание без термоактивации, для основного крепления – полное высыхание и последующая термоактивация клеевых пленок.

Основные характеристики перечисленных адгезивов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Основные характеристики адгезивов	Цианоакрилатные клеи	Полиуретановые клеи	Хлоропреновые клеи
Хорошая адгезия к полимерам	+	+	+
Хорошая адгезия к тканям	-	-	+
Высокая эластичность	+	+	+
Скорость отверждения	высокая	высокая	средняя
Устойчивость к химически агрессивным средам	+	+	+
Стойкость к механическим нагрузкам, ударам	-	+	
Стойкость к воздействию влаги	+	+	+
Открытое время схватывания	От нескольких секунд до нескольких минут	20…25 мин	От нескольких минут до нескольких часов
Термостойкость	-	+	+
Некоторые торговые названия	EFELE 156, EFELE 159, ЭЦА-ЭО, ТК-300	HORN 700 WHITE, SAR 306, ATS 330 PU, УР-2	Клей 88-КР, Ропид-5

Следует отметить, что данные адгезивы имеют существенный недостаток – долгое время схватывания. По этой причине ремонтные мероприятия требуют существенных временных затрат, что не позволяет проводить оперативный ремонт рукавов,

имеющих большое количество повреждений. В то же время промышленностью выпускается водостойкий контактный клей-спрей Kudo KU-H311, изготовленный на базе синтетических смол общего назначения и предназначенный для склеивания таких материалов, как бумага, картон, ткань, войлок, кожа, дерево, пробка, резина, вспененная резина, пластик, вспененный пластик, минеральная вата и нетканые материалы, между собой, а также с деревянными, металлическими и каменными поверхностями. Открытое время схватывания не более 10 мин.

При проведении испытаний отремонтированных рукавов с использованием универсального аэрозольного спрея Kudo KU-H311 и полиуретановой водной дисперсии получены наилучшие результаты. В данном случае как при сдвиге, так и при раздире 95% образцов разрушались по полимерному материалу, отслаивание полимера от материала рукава наблюдалось лишь на 5% образцов, подвергавшихся испытанию на раздир. Испытания данных образцов на разрывной машине показали, что использование адгезива позволяет увеличить разрывные нагрузки до 218 кгс (сдвиг) и 132 кгс (раздир) при использовании водной дисперсии полиуретана.

Следует отметить, что в представленной работе не раскрываются составы ремонтных полимерных дисперсий, так как данная информация представляет научную и коммерческую тайну.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлено, что для текущего ремонта пожарных напорных рукавов наилучшие результаты получены при использовании полиуретановых дисперсий.

2. Показано, что с технологической точки зрения предпочтительнее использовать водные дисперсии полимеров, которые обладают пониженной пожарной опасностью.

3. Рекомендовано при ремонте пожарных напорных рукавов полимерными дисперсиями использовать в качестве адгезива аэрозольный спрей Kudo KU-H311.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Полозов А.А., Самохвалов Ю.П.* Определение относительных частот использования пожарного оборудования на пожарах // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15, №4. С. 62…65.
2. *Елфимова М.В.* Обслуживание пожарных рукавов // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2010. №3(54). С. 55…62.
3. *Сараев И.В., Бубнов А.Г., Курочкин В.Ю. и др.* Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24, №4. С. 66…71.
4. *Полоса Б.А., Сараев И.В.* К вопросу повышения надежности напорных пожарных рукавов // Надежность и долговечность машин и механизмов. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. С. 85…88.
5. *Савин М.А., Хафизов Ф.Ш.* Пути и способы приспособленности специальной мобильной техники к низкотемпературным условиям для их эффективной эксплуатации // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2014. №6. С. 606…633.
6. *Балаба С.В., Крудышев В.В., Лазарев И.С., Зубарев И.А.* Технические средства для сокращения времени сбора напорных рукавов // Пожаровзрывоопасность. 2015. Т. 24, №12. С. 60…65.
7. *Исхаков Х.И., Ложкин В.Н., Савин М.А.* Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах. Екатеринбург: УрИ ГПС МЧС России, 2010. 354 с.
8. *Двоенко О.В.* Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: автореф. … канд. техн. наук. М., 2014. 21 с.
9. *Спешилов В.И., Яровой В.Ю., Куртов С.О., Трояк А.Ю.* Электронная система контроля эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательных подразделениях // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. №4 (49). С. 198…205.
10. *Сараев И.В., Семенов А.Д.* Альтернативный способ ремонта напорных пожарных рукавов // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. №3 (48). С. 116…123.
11. *Сараев И.В., Бубнов А.Г., Семенов А.Д., Краснов А.А.* Особенности восстановления технической готовности напорных пожарных рукавов // Известия вузов. Технологии текстильной промышленности. 2025. №2 (416). С. 294…301.

12. *Новичкова Н.Ю., Легкова И.А., Ульева С.Н., Бубнов А.Г.* Пожарные рукава – требования по производству, эксплуатации и хранению. Мировой опыт // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. №1 (50). С. 84…91.

13. *Ульева С.Н., Легкова И.А., Никифоров А.Л. и др.* Возможности использования полимерных дисперсий для ремонта и восстановления пожарных напорных рукавов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 3(411). С. 141…148.

14. *Дрогун А.Е., Циркина О.Г., Никифоров А.Л.* Особенности процесса желирования ПВХ-пластизолей в поле токов высокой частоты при формировании полимерных покрытий на текстильных материалах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2010. №4(325). С. 67…70.

15. *Легкова И.А., Ульева С.Н., Никифоров А.Л.* Разработка новых решений по восстановлению работоспособности пожарных рукавов // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 335…339.

16. *Никифоров А.Л., Ульева С.Н., Легкова И.А.* Новые подходы к выполнению капитального ремонта пожарных рукавов // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. №2 (47). С. 99…106.

17. *Никифоров А.Л., Легкова И.А., Ульева С.Н., Колобов М.Ю.* Использование полимерных дисперсий для ремонта напорных пожарных рукавов // Современные наукоемкие технологии. 2024. №2 (78). С. 93…98.

18. *Степанов С.Г., Буланов Д.А., Додонов О.А. и др.* Проверка соответствия расчетных и экспериментальных значений разрывных гидравлических давлений в гибких плоскосворачиваемых рукавах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. №1 (415). С. 268…274.

19. *Фрейдин А.С.* Прочность и долговечность клеевых соединений. М.: Химия, 1981. 272 с.

20. Ли Л.Х. Адгезивы и адгезионные соединения: [пер. с англ.]. М.: Мир, 1988. 226 с.

21. *Никифоров А.Л., Легкова И.А., Новичкова Н.Ю. и др.* Разработка лабораторных стендов для оценки качества ремонта и восстановления напорных пожарных рукавов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 3 (417). С. 262…266.

22. *Краус Э., Баудрит Б., Хаидемаиер П. и др.* Склеивание высоконаполненных древесно-полимерных композитов // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №11. С. 92…96.

23. *Kraus E., Baudrit B., Heidemeyer P., Bastian M.* Innovative test methods for bonded polymer joints, Adhaesion Kleben & Dichten, Springer, Heidelberg, 2014.

24. *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.

25. *Потапочкина И.И., Короткова Н.П., Логинова С.Е., Лебедев В.С.* Эпоксидные и полиуретановые клеящие материалы марок ЭЛАД, АКВАПОЛ, АКРОЛАТ и компоненты для них // Клеи. Герметики. Технологии. 2010. №8. С. 8…12.

26. *Павлова Х.А., Зуев А.А., Соловьев М.Е.* Влияние тепловой обработки на свойства адгезионных соединений на основе хлоропренового каучука // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2013. № 4 (4). С. 118…122.

R E F E R E N C E S

1. *Polozov A.A., Samokhvalov Yu.P.* Determination of relative frequencies of fire equipment use in fires // Fire and explosion safety. 2006. Vol. 15, №4. P. 62...65.

2. *Elfimova M.V. Maintenance* of fire hoses // Bulletin of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2010. №3 (54). P. 55...62.

3. *Saraev I.V., Bubnov A.G., Kurochkin V.YU., Moiseev YU.N., Semenov A.D.* Relative overall benefit – an additional comprehensive criterion for the selection of fire hoses // Fire and explosion safety. 2015. Vol. 24, №4. P. 66…71.

4. *Polosa B.A., Saraev I.V.* On improving the reliability of pressure fire hoses // Reliability and Durability of Machines and Mechanisms. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2025. P. 85…88.

5. *Savin M.A., Khafizov F.Sh.* Ways and means of adaptation of special mobile equipment to low-temperature conditions for their effective operation // Oil and Gas Business: electronic scientific journal. 2014. №6. P. 606…633.

6. *Balaba S.V., Krudyshev V.V., Lazarev I.S., Zubarev I.A.* Technical means for reducing the time of collecting pressure hoses // Fire and Explosion Hazards. 2015. Vol. 24, №12. P. 60…65.

7. *Iskhakov Kh. I., Lozhkin V. N., Savin M. A.* Effective operation of the main fire trucks at low temperatures. Yekaterinburg: Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2010. 354 p.

8. *Dvoenko O.V.* Pump and Hose Systems of Fire Trucks for Fire Suppression and Emergency Water Supply at Power Plants in Low-Temperature Conditions: Abstract of Candidate's Thesis in Technical Sciences. Moscow, 2014. 21 p.

9. *Speshilov V.I., Yarovoy V.Yu., Kurtov S.O., Troyak A.Yu.* Electronic control system for the operation of fire hoses in fire and rescue units // Modern problems of civil protection. 2023. №4 (49). P. 198…205.

10. *Sarayev I.V., Semenov A.D.* An alternative method for repairing pressure fire hoses // Modern problems of civil protection. 2023. №3 (48). P. 116…123.

11. *Saraev I.V., Bubnov A.G., Semenov A.D., Krasnov A.A.* Features of restoration of technical

readiness of pressure fire hoses // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. №2 (416). P. 294…301.

12. *Novichkova N.Yu., Legkova I.A., Ulyeva S.N., Bubnov A.G.* Fire hoses – requirements for production, operation, and storage. Global experience // Modern Problems of Civil Protection. 2024. №1 (50). P. 84…91.

13. *Uleva S.N., Legkova I.A., Nikiforov A.L. etc.* Possibilities of polymer dispersions using for repair and restoration of fire pressure hoses // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. №3 (411). P. 141...148.

14. *Drogun A.E., Tsikina O.G., Nikiforov A.L.* Features of the gelling process of PVC plastisols in the field of high-frequency currents during the formation of polymer coatings on textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2010. №4 (325). P. 67...70.

15. *Legkova I.A., Uleva S.N., Nikiforov A.L.* Development of new solutions to restore the operability of fire hoses // Current issues of improving engineering systems for ensuring fire safety of facilities. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. P. 335...339.

16. *Nikiforov A.L., Uleva S.N., Legkova I.A.* New approaches to the overhaul of fire hoses // Modern problems of civil protection. 2023. №2 (47). P. 99...106.

17. *Nikiforov A.L., Legkova I.A., Uleva S.N., Kolobov M.Yu.* The use of polymer dispersions for the repair of pressure fire hoses // Modern high-tech technologies. 2024. №2 (78). P. 93...98.

18. *Stepanov S.G., Bulanov D.A., Dodonov O.A. etc.* Verification of compliance of calculated and experimental values of hydraulic bursting pressures in flexible flat-fold hoses // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. №1 (415). P. 268...274.

19. *Freidin A.S.* Strength and Durability of Adhesive Joints. Moscow: Khimiya, 1981. 272 p.

20. *Lee L.H.* Adhesives and Adhesive Joints: Translated from English. Moscow: Mir, 1988. 226 p.

21. *Nikiforov A.L., Legkova I.A., Novichkova N.Yu. etc.* Development of laboratory stands for assessing the quality of repair and restoration of pressure fire hoses // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. №3 (417). P. 262…266.

22. *Kraus E., Baudrit B., Haidemaier P. etc.* Adhesive bonding of highly filled wood-polymer composites // Bulletin of the Technological University. 2015. Vol. 18, №11. P. 92…96.

23. *Kraus E., Baudrit B., Heidemeyer P., Bastian M.* Innovative test methods for bonded polymer joints, Adhaesion Kleben & Dichten, Springer, Heidelberg, 2014.

24. *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. Vol. 15, № 22. P. 89…94.

25. *Potapochkina I.I., Korotkova N.P., Loginova S.E., Lebedev V.S.* Epoxy and polyurethane adhesive materials of ELAD, AQUAPOL, AKROLAT brands and components for them // Adhesives. Sealants. Technologies. 2010. №8. P. 8…12.

26. *Pavlova Kh.A. Zuev A.A., Solovyov M.E.* Influence of heat treatment on the properties of adhesive joints based on chloroprene rubber // Izvestiya of Higher Educational Institutions. Volga Region. Natural Sciences. 2013. №4 (4). P. 118…122.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК "Государственный надзор") Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Поступила 29.12.25.