

**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СУШКИ
НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ**

Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю.

Покровский Аркадий Алексеевич, Киселев Вячеслав Валериевич
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Иваново, Россия. 153040, Ивановская область, г. Иваново, пр. Строителей, 33.

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, slavakis76@mail.ru

Колобов Михаил Юрьевич

Ивановский государственный химико-технологический университет,
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

В настоящее время сушка напорных пожарных рукавов требует создания экономичных и высокоэффективных сушильных устройств. Согласно статистике наибольшее количество отказов пожарного оборудования приходится именно на пожарные рукава. Долговечность пожарных рукавов во многом зависит от процесса их сушки. На сегодняшний день выпущено большое количество сушильного оборудования различного конструктивного исполнения, в котором сушка рукавов производится при различных температурах и скоростях теплоносителя. Однако, все рассмотренные сушильные устройства являются стационарными. Пожарно-спасательным подразделениям требуются также передвижные комплексы для сушки пожарных рукавов в полевых условиях при затяжных пожарах. В статье рассмотрены экспериментальные исследования, направленные на изучение процесса сушки напорных пожарных рукавов горячим воздухом. Предложен эскизный вариант мобильного комплекса для сушки напорных пожарных рукавов. Это позволит значительно снизить время и энергоемкость сушки. В свою очередь, интенсификация данного процесса позволит сократить время приведения рукавов в готовность к применению. Но, в то же время, интенсификация процесса сушки не должна нарушать технологических свойств высушиваемого материала.

Ключевые слова: сушка, теплоноситель, пожарный рукав, мобильный комплекс.

DEVELOPMENT OF A MOBILE COMPLEX FOR DRYING PRESSURE HOSES

Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Kolobov M.Yu.

Pokrovsky Arkady Alekseevich, Kiselev Vyacheslav Valerievich
Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,
Ivanovo, Russia. 153040, Ivanovo region, Ivanovo, Stroiteley ave., 33.

E-mail: aapokrovsky@mail.ru, slavakis76@mail.ru

Kolobov Mikhail Yurievich

Ivanovo State University of Chemical Technology,
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 7.

E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru

Drying of pressure fire hoses today requires the creation of cost-effective and highly efficient dryers. According to statistics, the largest number of fire equipment failures occurs precisely in the fire hoses. The durability of fire hoses is largely dependent on the drying process. To date, a large number of drying equipment of various designs has been produced, in which the drying of the sleeves is carried out at different temperatures and speeds of the coolant. However, all considered dryers are stationary. Fire and rescue units also require mobile systems for drying fire hoses in the field during protracted fires. The article discusses experimental studies aimed at studying the process of drying pressure fire hoses with hot air. A draft version of a mobile complex for drying pressure fire hoses has been proposed. This will significantly reduce the time and energy consumption of drying. In turn, the intensification of this process will reduce the time for bring-

ing the sleeves to readiness for use. But, at the same time, the intensification of the drying process should not violate the technological properties of the material to be dried.

Keywords: *drying, heat carrier, fire hose, mobile complex.*

Напорный пожарный рукав – это один из основных видов пожарного оборудования, при помощи которого выполняется транспортировка огнетушащего вещества. Пожарный рукав представляет собой тканый или ткановязанный каркас, обрамляющий внутреннее гидроизоляционное покрытие. Материалом для изготовления каркасов пожарных рукавов служат нити, состоящие из химических или натуральных волокон. Внутреннее гидроизоляционное покрытие может быть изготовлено из резин, латекса или каких-либо других полимерных материалов. Рукава с каркасом из натуральных волокон часто не содержат внутреннего гидроизоляционного покрытия. Для продления срока службы рукавов на них наносят защитное покрытие или осуществляют пропитку каркасов. Таким образом, для нужд пожаротушения могут быть использованы напорные рукава из натуральных или синтетических волокон [1].

Для продления срока службы пожарных рукавов и поддержания их в рабочем состоянии необходимо регулярное проведение технического обслуживания, к которому относится сушка. В настоящее время в пожарно-спасательных частях сушка пожарных рукавов производится естественным или принудительным при помощи различных сушильных установок [2, 3].

При сушке пожарных рукавов естественным способом рекомендуется учитывать температуру воздуха и относительную влажность. Температура должна составлять не менее 20 °С, а относительная влажность не более 80%. Следует избегать прямого воздействия на рукава как солнечных лучей, так и осадков. Время сушки рукавов таким способом различно в зависимости от внешних условий и превышает время сушки принудительной. Такой способ сушки применяется для ускорения процесса удаления воды из материала рукава. В используемых в пожарно-спасательных частях сушильных устройствах температура теплоносителя варьируется от 50 °С до 70 °С. Обдув пожарных рукавов может производиться как с внешней, так и с внутренней стороны. Основными достоинствами принудительного способа сушки пожарных рукавов являются высокая скорость сушки и компактность сушильных

устройств, а к недостаткам можем отнести высокую энергоёмкость [4].

На практике сушка большей части пожарных рукавов производится в камерных и башенных сушилках. Такие сушилки должны быть оснащены устройствами для подогрева воздуха. Для проведения сушки рукава в башенной сушилке располагаются по всей площади поперечного сечения шахты, количество рукавов не должно превышать сорока пяти, скорость воздуха составляет порядка 4 м/с. Основными проблемами, связанными с эксплуатацией башенных сушилок, являются неравномерная циркуляция теплоносителя в шахте, низкий КПД, значительные габариты.

Меньшими габаритами отличаются камерные сушилки, в которые рукава помещаются собранными в свободные скатки с расстоянием 20–25 мм между витками.

Перспективным методом сушки напорных пожарных рукавов является вакуумно-температурный, при котором интенсификация удаления жидкости из материала рукава достигается за счет пониженного давления воздуха в камере и повышенной температуры. Для данного метода проведена оптимизация временно-температурных характеристик процесса [5-8].

Процесс сушки напорных пожарных рукавов требует создания сушильных устройств, которые должны отвечать критериям экономичности и высокой скорости сушки. Устройства, отвечающие данным критериям, позволяют сократить время сушки и снизить затраты теплоносителя. Повышение скорости и уменьшение времени данного процесса не должно приводить к нарушению технологических свойств высушиваемого материала.

На сегодняшний день выпущено большое количество сушильного оборудования различного конструктивного исполнения, в котором сушка рукавов производится при различных температурах и скоростях теплоносителя. Несмотря на это, механизмы протекания процессов тепло- и массообмена требуют дополнительного изучения путем проведения экспериментальных исследований.

В нашем случае объектами исследования являются напорные пожарные рукава с армирующим каркасом из натуральных волокон.

Данные каркасы ткнут из льняных или хлопковых нитей. Конструкции рукавов с нитями из натуральных волокон имеют ряд преимуществ, к которым можем отнести меньшую массу, меньшие габариты скатки и лучшую стойкость к повышенным температурам.

При исследовании процесса сушки имеют дело с физико-химической и физико-механической формами связи влаги с материалом, количественно содержание влаги в материале оценивается его влажностью. Различают относительную влажность, т.е. массу влаги, содержащуюся в материале, отнесенную к общей массе образца, и абсолютную влажность, определяемую по отношению к 1 кг абсолютно сухого вещества в исследуемом материале.

Относительная и абсолютная влажности выражаются в долях единицы или в процентах. При анализе процесса сушки удобнее пользоваться абсолютной влажностью, т.к. количество абсолютно сухого вещества в образце при любых условиях остается постоянным [9].

При исследовании кинетики сушки необходимо установить влияние на скорость протекания процесса различных внешних и внутренних факторов.

Механизм переноса вещества внутри твердой фазы сложен, так как часть влаги испаряется внутри материала и перемещение ее к поверхности происходит в виде жидкости и пара одновременно за счет действия различных сил. Для жидкой фазы это капиллярные, осмотические, гравитационные, термокапиллярные и др. силы, а для паровой фазы – молярный перенос, молекулярная диффузия, бародиффузия, термодиффузия.

Удельный вес потоков фаз и действующих сил зависит от большого числа факторов, включающих в себя как внутренние, связанные со структурой высушиваемого тела, так и внешние параметры процесса и свойства сушильного агента. Кроме того, соотношение потоков и сил меняется с протеканием процесса. Все это создает сложную картину переноса, не поддающуюся аналитическому расчету, основанному на количественном анализе составляющих ее процессов переноса влаги.

Кинетика сушки влажного материала обычно исследуется экспериментально путем нахождения зависимостей температуры прогрева высушиваемого материала, кривой сушки и скорости сушки.

Целью проведения эксперимента по сушке рукавов является получение кинетических кривых изменения массы материала и прогрева. Данные кривые имеют большое практическое значение, так как они позволяют установить время сушки, оценить формы связи влаги с материалом, выбрать оптимальный вариант и режим сушки. Они используются при проектировании и расчете промышленных сушилок.

Для получения кинетической кривой изменения массы образца в процессе обработки его горячим воздухом использовали следующую методику. Образец пожарного рукава с известной начальной массой насыщался водой. Затем образец с известной массой, вошедшей в него жидкости помещался в рабочую камеру и подвергался обработке горячим воздухом с заранее заданными параметрами.

По истечении определённого промежутка времени образец извлекался из ячейки и взвешивался. Указанная процедура повторялась требуемое число раз. При помощи данного эксперимента была получена кривая убыли массы (рис. 1).

Температурную кривую сушки рукава получали с помощью дополнительной термопары, размещенной непосредственно в образце (рис. 2).

На представленных кривых начальный участок соответствует периоду прогрева материала, длительность которого мало зависит от параметров теплоносителя. Плавное повышение температуры характеризуется постепенным уменьшением содержания воды во внутренних слоях материала.

При достижении критического влагосодержания скорость сушки постепенно уменьшается, а температура образца, увеличиваясь, достигает температуры горячего воздуха. В этот момент влагосодержание достигает своего минимального равновесного значения [10]. На основе проведенных исследований были определены коэффициенты тепло- и массоотдачи и предложен эскизный вариант сушильной установки в виде прицепного мобильного комплекса (рис. 3).

Мобильный комплекс предназначен для сушки напорных пожарных рукавов в случаях, когда отсутствуют стационарные устройства, а также возникает необходимость доставлять напорные пожарные рукава из одного пожарно-спасательного подразделения в другое.

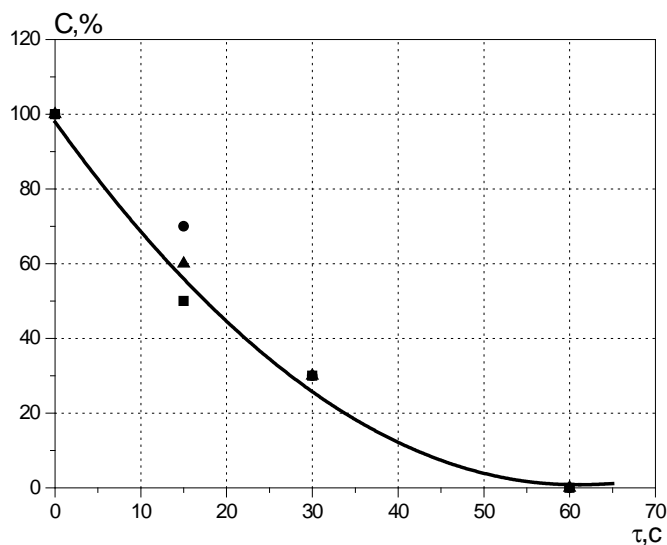


Рис. 1. Кинетическая кривая убыли массы
Fig. 1. Kinetic weight loss curve

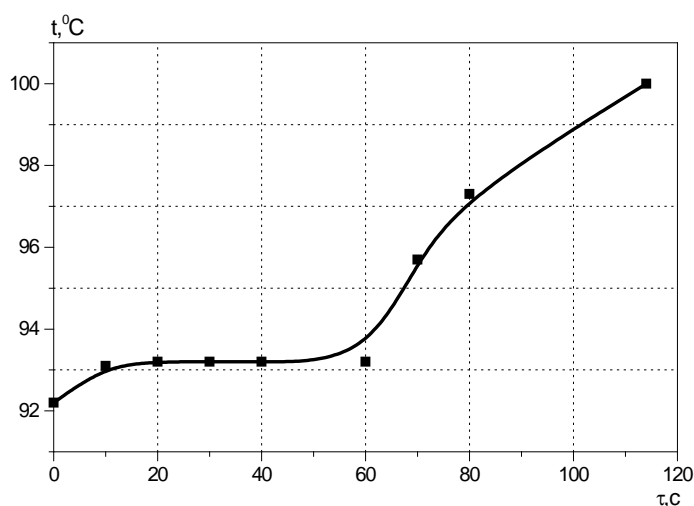


Рис. 2. Температурная кривая сушки напорного рукава
Fig. 2. Temperature curve for drying the pressure hose

Мобильный комплекс включает в себя корпус, выполненный в виде герметичной емкости; автономный источник электроэнергии, в качестве которого выступает дизельный генератор; калорифер для нагрева и подачи атмосферного воздуха, стеллажи для размещения пожарных рукавов, штуцеры для подачи и отвода теплоносителя; термометры для измерения и контроля температуры в сушильной камере.

Экспериментальные исследования показали, что сушка напорных пожарных рукавов с использованием мобильного комплекса при температуре теплоносителя 40°C занимает более двух часов.

При повышении температуры до 60°C процесс испарения влаги проходит намного быстрее. При этом общее время сушки варьируется от 1,5 до 2 ч.

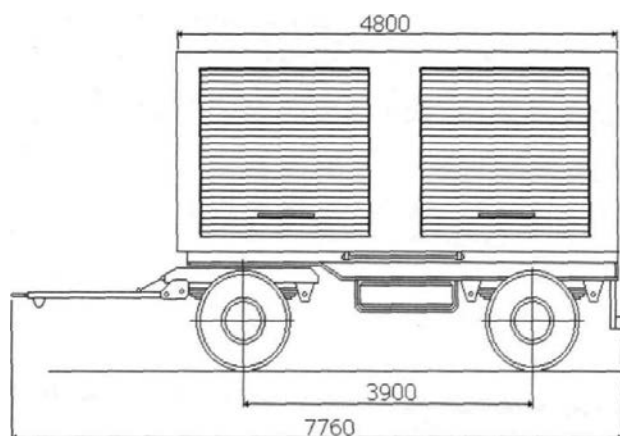


Рис. 3. Общий вид прицепного мобильного комплекса

Fig. 3. General view of the trailed mobile complex

Исследования показали, что повышение температуры воздуха приводит к резкому сокращению общей продолжительности процесса сушки. Однако, ограничение температуры теплоносителя составляет 60°C , так как дальнейшее ее повышение может негативно отразиться на свойствах высушиваемого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Покровский А.А., Киселев В.В., Топоров А.В.** Математическое моделирование процесса сушки напорных пожарных рукавов. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2019. № 4 (33). С. 74–82.

2. **Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И.** и др. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник. М.: Изд. центр «Академия», 2008. 438 с.

3. **Варнаков В.В., Стрельцов В.В.** Технический сервис машин с/х назначения. М: Колос, 2004. 253 с.

4. **Орлов Е.А., Покровский А.А.** Критерии выбора способа сушки напорных пожарных рукавов. Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. Часть I. С. 451–452.

5. **Елфимова М.В., Архипов Г.Ф.** Вакуумно-температурная сушка пожарных рукавов. *Научно-аналитический журнал Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России*. 2010. Т. 8. № 4. С. 8–13.

6. **Зуева Г.А., Блиничев В.Н., Падохин В.А., Покровский А.А.** Задача Стефана при моделировании сушки синтетической кожи в периоде падающей скорости испарения растворителя. I Международная научно-практическая конференция «Современные энерго-сберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)». Москва, 2002. Т.2. С. 89–97.

7. **Покровский А.А.** Пожаробезопасная технология сушки волокнистых материалов. Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», Иваново, 2017. С. 143–145.

8. **Покровский А.А., Сафронов Н.А.** Основные способы сушки напорных пожарных рукавов Сборник IX Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново, 2018. С. 574–577.

9. **Покровский А.А., Почивалов К.В., Липин А.Г, Мизеровский Л.Н., Блиничев В.Н.** Исследование процесса удаления органического растворителя из основы синтетической кожи в токе водяного пара. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2001. Т. 44, № 1. С. 138–140.

10. **Зуева Г.А., Блиничев В.Н., Покровский А.А.** Установка интенсивного действия для удаления органического растворителя из синтетической кожи. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2004. Т.47. № 4. С. 34–36.

REFERENCES

1. **Pokrovsky A.A., Kiselev V.V., Toporov A.V.** Mathematical modeling of the drying process of pressure head fire hoses. *Modern problems of civil protection*. 2019. N 4 (33). P. 74–82.

2. **Ananin A.D., Mikhlin V.M., Gabitov I.I.** and other. Diagnostics and maintenance of machines: textbook. Moscow: Ed. Center "Academy", 2008. 438 p.

3. **Varnakov V.V., Streltsov V.V.** Technical service of agricultural machines. M: Kolos, 2004. 253 p.

4. **Orlov E.A., Pokrovsky A.A.** Criteria for choosing a method for drying pressure head fire hoses. Fire and emergency safety: collection of materials of the XIII International scientific and practical conference. Ivanovo Fire and Rescue Academy of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2018. Part I. P. 451–452.

5. **Elfimova M.V., Arkhipov G.F.** Vacuum-temperature drying of fire hoses. Scientific-analytical journal Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia. 2010. Vol. 8. N 4. P. 8–13.

6. **Zueva G.A., Blinichev V.N., Padokhin V.A., Pokrovsky A.A.** Stefan's problem in modeling the drying of synthetic leather in a period of decreasing solvent evaporation rate. I International scientific-practical conference "Modern energy-saving thermal technologies (drying and thermal and moisture treatment of materials)". Moscow, 2002. Vol. 2. P. 89–97.

7. **Pokrovsky A.A.** Fireproof technology for drying fibrous materials. Collection of materials of the XII International Scientific and Practical Conference "Fire and Emergency Safety", Ivanovo, 2017. P. 143-145.

8. **Pokrovsky A.A., Safronov N.A.** The main methods of drying pressure fire hoses Collection of the IX All-Russian scientific-practical conference "Reliability and durability of machines and mechanisms", Ivanovo, 2018. P. 574-577.

9. **Pokrovsky A.A., Pochivalov K.V., Lipin A.G., Mizerovsky L.N., Blinichev V.N.** Investigation of the process of removing an organic solvent from the base of synthetic leather in a stream of water vapor. *ChemChemTech [Izv.vuzov. Chemistry and chemical technology.]*. 2001. T. 44, N 1. P. 138–140.

10. **Zueva G.A., Blinichev V.N., Pokrovsky A.A.** Intensive unit for the removal of organic solvent from synthetic leather. *ChemChemTech [Izv.vuzov. Chemistry and chemical technology.]*. 2004. Vol. 47. N 4. P. 34–36.