

Для цитирования:

Арипбаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Койфман О.И., Базаров Ю.М., Степанов С.Г. Перспективное направление в области расчета и проектирования армирующих каркасов напорных пожарных рукавов на основе синтетических нитей. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 7. С. 92–95.

For citation:

Aripbaeva A.E., Myrkhalykov Zh.U., Koifman O.I., Bazarov Yu.M., Stepnov S.G. Perspective direction of calculation and design of reinforcing carcasses of tension fire hoses on basis of synthetic fibers. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 7. P. 92–95.

УДК 677.024

А.Е. Арипбаева, Ж.У. Мырхалыков, О.И. Койфман, Ю.М. Базаров, С.Г. Степанов

Акерке Еркосаевна Арипбаева

Кафедра технологии и проектирования текстильных материалов, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, просп. Тауке-Хана, 5, Шымкент, Казахстан, 160012
E-mail: akerke-1982@mail.ru

Жумахан Умкемпинович Мырхалыков

Ректор, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, просп. Тауке-Хана, 5, Шымкент, Казахстан, 160012
E-mail: rector.ukgu.kz

Оскар Иосифович Койфман, Юрий Михайлович Базаров (✉)

Кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений, Ивановский государственный химико-технологический университет, просп. Шереметевский, д. 7, Иваново, российская Федерация, 153000
E-mail: president@isuct.ru, poliamid@isuct.ru (✉)

Сергей Гаевич Степанов (✉)

Кафедра наземных транспортных средств и технологических машин, Ивановский государственный политехнический университет, ул. 8 Марта, 20, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: step-sg@mail.ru (✉)

**ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ОБЛАСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ
АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ НА ОСНОВЕ
СИНТЕТИЧЕСКИХ НИТЕЙ**

Рассмотрены физико-химические, физико-механические свойства синтетических нитей различного состава для армирующего каркаса напорных пожарных рукавов, назначение и устройство последних, проведен краткий анализ публикаций по их прочностному расчету при гидравлическом воздействии, обозначены достижения в области расчета и проектирования армирующих каркасов рукавов.

Ключевые слова: синтетические нити, напорный пожарный рукав, армирующий каркас, внутреннее гидравлическое давление

A.E. Aripbaeva, Zh.U. Myrkhalykov, O.I. Koifman, Yu.M. Bazarov, S.G. Stepnov

Akerke E. Aripbaeva

Department of Technology and Design of Textile Materials, M. Auezov South-Kazakhstan State University, Tauke-Chana ave., 7, Chimkent, 160012, Kazakhstan
E-mail: akerke-1982@mail.ru

Zhumakhan U. Myrkhalykov

Department of Technology and Design of Textile Materials, M. Auezov South-Kazakhstan State University, Tauke-Chana ave., 7, Chimkent, 160012, Kazakhstan
E-mail: rector.ukgu.kz

Oscar I. Koifman, Yuriy M. Bazarov (✉)

Department of Organic Chemistry, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevskiy ave., 7, Ivanovo, 153000, Russia
E-mail: president@isuct.ru, poliamid@isuct.ru (✉)

Sergey G. Stepanov (✉)

Department of Ground Vehicles and Technological Machines, Ivanovo State Polytechnic University, 8 March str., 20, Ivanovo, 153000, Russia
E-mail: step-sg@mail.ru (✉)

PERSPECTIVE DIRECTION OF CALCULATION AND DESIGN OF REINFORCING CARCASSES OF TENSION FIRE HOSES ON BASIS OF SYNTHETIC FIBERS

The physical and chemical properties of synthetic fibers of various compositions for reinforcing carcasses of pressure fire fibers, and their appointment and structure were denoted. It is noted that due to the effect of negative factors (mechanical wear, impact of low and high temperatures, the action of sunlight, aging of the material, accidental release of chemically active substances, etc..) on pressure fire hoses at their exploitation, increased demands are imposed on the material of synthetic fibers of pressure fire hoses, the most important of which is resistant to abrasion. The use of pressure fire hoses from polyester fibers based on PET shows that the main reason for breaking up the fibers at their exploitation is abrasion of the surface. In this regard, the use fibers of ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE fibers) and fibers of PET, polyamide 66 (PA-66) having high strength and abrasion resistance as a material of reinforcing carcass of pressure fire hoses was proposed. It is extremely important to develop and improve of the calculation theory and design of fire hoses in hydraulic impact, which will be demand in the calculation and design of new types of pressure fire hoses on the basis of synthetic fibers, as well as to identify reasons for breaking of pressure fire hoses to extinguish the fire, to create a new high-pressure fire hoses. In this regard, the brief analysis of publications on their strength calculation at the hydraulic impact was carried out and achievements in the field of calculation and design of reinforcing carcasses of fire hoses were denoted.

Key words: synthetic fibers, tension firehose, reinforcing carcass, internal hydraulic pressure

Синтетические нити являются основным материалом для производства изделий технического назначения, в том числе современных напорных пожарных рукавов (НПР), применяемых для подачи воды и водных растворов пенообразователей на расстояние под давлением. При

эксплуатации НПР подвергаются механическому износу, воздействию низких и высоких температур, действию солнечных лучей, необратимому процессу старения материала, случайному попаданию на них химически активных веществ [1]. По этой причине к материалам синтетических ни-

тей НПР предъявляются достаточно жесткие требования. Они должны обладать высокой прочностью, сопротивляемостью абразивному истиранию, относительно высокой температурой плавления, стойкостью при действии химически активных веществ. Большинство НПР, произведенных в России, изготавливаются из полиэфирных нитей на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), обладающих незначительной сминаемостью, отличной свето- и атмосферостойкостью, относительно высокой прочностью и температурой плавления, хорошей стойкостью к органическим растворителям. Однако, по нашему мнению, их стойкость к истиранию не достаточна. Практика использования НПР из полиэфирных нитей на основе ПЭТФ показывает, что основной причиной разрыва рукавов при эксплуатации является абразивный износ их поверхности. В связи с этим актуальным является вопрос выбора материала синтетических нитей для изготовления новых высокотехнологичных НПР. На основании вышеизложенного считаем использование нитей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ-нитей) и нитей из ПЭТФ, полиамида 66 (ПА-66), обладающих высокой прочностью и сопротивляемостью абразивному износу, одним из перспективных направлений для изготовления НПР.

Для создания новых высокотехнологичных НПР крайне важным является развитие и совершенствование теории расчета и проектирования пожарных рукавов при гидравлическом воздействии, которая, безусловно, будет востребована при расчете и проектировании новых видов НПР на основе синтетических нитей, а также для выявления причин разрыва НПР при тушении пожара.

Согласно [2] НПР изготавливают прорезиненными. Покрытие может быть односторонним – только внутри – или двухсторонним, когда слоем резины пожарный рукав покрыт как снаружи, так и внутри. НПР могут быть латексированными, покрытыми внутри и снаружи слоем латекса. При пожаротушении используются также непрорезиненные НПР, изготовленные из льняной пряжи.

Основным несущим элементом НПР является армирующий каркас из синтетических нитей в виде оболочки. Несущий армирующий каркас полностью воспринимает усилия, обусловленные наличием давления жидкости внутри рукава, если речь идет о непрорезиненных НПР, и в определяющей степени, в случае прорезиненных, с двухсторонним покрытием и латексированных НПР. Такая конструкция НПР дает основание отнести эти изделия к композиционным материалам.

Анализ структуры армирующих каркасов НПР, произведенных в РФ, показал, что все они состоят из однослойных оболочек полотняного переплетения. При этом по длине НПР располагаются основные нити, которые взаимно переплетены с уточными нитями, проложенными по его окружности. Расчет на прочность НПР сводится в основном к расчету на прочность их армирующего каркаса из синтетических нитей.

В 2009 г. Ивановской текстильной академией совместно с Ивановским химико-технологическим университетом была начата разработка научного направления по расчету и проектированию НПР. После тщательного анализа публикаций по прочностному расчету НПР при действии гидравлического давления, нами была обнаружена лишь одна публикация [3], в которой автором предпринята попытка использования формулы для расчета металлических труб, подвергающихся действию внутреннего гидравлического давления для прочностного расчета НПР. Но структура пожарного рукава, состоящая из отдельных нитей, промежутки между которыми заполнены резиной, даже на макроуровне несущей оболочки не отвечает требованиям сплошности, однородности, изотропности. Поэтому, как и ожидалось, использование формулы (16) [3] для расчета НПР приводило к большой погрешности. Таким образом, имел место редкий случай в современной науке, когда целое научное направление по прочностному расчету НПР при гидравлическом воздействии не исследовано и не разработано.

Из-за структуры армирующих каркасов НПР (основные и уточные нити перекрещиваются почти под прямым углом), оказалось невозможным использование теории расчета сетчатых оболочек и теории расчета каркасов шин, в которых нити расположены либо по геодезическим линиям поверхности оболочки [4] (геодезические линии для цилиндрической оболочки – винтовые линии), либо нити имеют так называемую «шинную геометрию» [5], когда они также располагаются по винтовым линиям, но при этом между слоями нитей помещаются привулканизированные к нитям слои резины.

Таким образом, мы столкнулись с необходимостью разработки теории по прочностному расчету НПР при гидравлическом воздействии.

К настоящему времени на основе нелинейной теории расчета однослойных тканей полотняного переплетения [6] разработаны основ-

ные теоретические положения [7]*, [8]* и выполнен комплекс экспериментальных исследований по расчету на прочность НПП при гидравлическом воздействии:

- разработана обобщенная математическая модель, описывающая взаимодействие нитей в армирующем каркасе НПП и получена вытекающая из нее, как частный случай, упрощенная математическая модель; разработанные математические модели, полученные на базе обоснованных допущений по отношению к нитям и структуре рукава, учитывают особенности взаимодействия нитей в армирующем каркасе НПП;

- получены относительно простые и удобные при использовании математические зависимости для прочностного расчета НПП при внутреннем гидравлическом воздействии;

- проведен комплекс экспериментальных исследований зон контакта между нитями в НПП с

применением методов математической статистики для установления величин коэффициентов вертикального смятия нитей, длин зон контакта между нитями в несущих армирующих каркасах рукавов разных диаметров;

- подтверждена достоверность теоретических положений и математических зависимостей для прочностного расчета НПП при гидравлическом воздействии путем сравнения теоретических результатов, полученных на основании разработанных теоретических положений и зависимостей, с имеющимися экспериментальными данными;

- исследовано влияние различных параметров несущего армирующего каркаса из синтетических нитей на разрывное давление НПП (параметр, регламентируемый [2]);

- разработана научно обоснованная и достоверная методика прочностного расчета и рационального проектирования армирующих каркасов НПП при гидравлическом воздействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Безбородко М.Д., Алексеев П.П., Максимов Б.А., Новиков Г.И.** Пожарная техника. М.: ВИПТШ. 1979. 435 с.
2. ГОСТ Р 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. **Тарасов-Агалаков Н.А.** Практическая гидравлика в пожарном деле. М.: пзд. МКХ РСФСР. 1959. 134 с.
4. **Дьяконов Е.Г., Николаев И.К.** Журнал вычислительной математики и математической физики. 1973. № 4. Т.13. С.938 – 951.
5. **Бухин Б.Л.** Применение теории сетчатых оболочек к расчету пневматических шин. Механика пневматических шин. // Сб. тр. НИИ шинной промышленности. М. 1974. С. 59 – 74.
6. **Степанов С.Г.** Развитие теории формирования и строения ткани на основе нелинейной механики гибких нитей. Дис. ... д.т.н. Иваново: ИГТА. 2007. 443 с.
7. **Моторин Л.В., Степанов О. С., Братолобова Е.В.** Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С. 103 – 109.
8. **Моторин Л.В., Степанов О. С., Братолобова Е.В.** // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2011. № 1. С. 126 – 133.

REFERENCES

1. **Bezborodko M.D., Alekseev P.P., Maksimov B.A., Novikov G.I.** Fire engineering. M. 1979. 435 p. (in Russian)
2. RF State Standard R 51049-97. Fire engineering. Fire hoses. General technical requirements. Test methods.
3. **Tarasov-Agalakov N.A.** Practical hydraulics in fire business. M. 1959. 134 p. (in Russian).
4. **D'yakonov E.G., Nikolaev I.K.** Zhurn. Vychisl. Tekhniki I Matem. Fiziki. 1973. N 4. V. 13. P. 938 – 951 (in Russian).
5. **Bukhin B.L.** Application of the theory of mesh membranes to the calculation of pneumatic tires. The mechanics of pneumatic tires. // Sbor. tr. NII Shinnoy Prom. M. 1974. P. 59 – 74 (in Russian).
6. **Stepanov S.G.** The development of the theory of the formation and structure of the tissue on the basis of nonlinear mechanics of flexible filaments. Dissertation for doctor degree on engineering sciences. Ivanovo: IGTA. 2007. 443 p. (in Russian).
7. **Motorin D.V., Stepanov O.S., Bratolyubova E.V.** // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Tech. Tex. Prom. 2010. N 8. P. 103 – 109 (in Russian).
8. **Motorin D.V., Stepanov O.S., Bratolyubova E.V.** // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Tech. Tex. Prom. 2011. N 1. P. 126 – 133 (in Russian).

Поступила в редакцию 12.05.2016
Принята к опубликованию 24.06.2016

Received 12.05.2016
Accepted 24.06.2016

* Работы выполнены под руководством д.т.н. С.Г. Степанова