

**Для цитирования:**

Арипбаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Койфман О.И., Базаров Ю.М., Степанов С.Г. Методика расчета и рационального проектирования армирующих каркасов напорных пожарных рукавов на основе синтетических нитей. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 10. С. 83–87.

**For citation:**

Aripbaeva A.E., Myrhalikov Zh.U., Bazarov Y.M., Stepnov S.G. Methods of calculating and rational design of reinforcing carcasses of tension firehoses on basis of synthetic fibers. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 10. P. 83–87.

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 Умкемпирович Мырхалыков

Ректорат, 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, 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 (✉)

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРМИРУЮЩИХ  
КАРКАСОВ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ НИТЕЙ**

*Предложена методика расчета и рационального проектирования армирующих каркасов напорных пожарных рукавов на основе математического выражения, связывающего разрывное внутреннее гидравлическое давление в напорном пожарном рукаве с разрывной нагрузкой в точной нити и рядом других параметров.*

**Ключевые слова:** напорный пожарный рукав, армирующий каркас, полиэфирные нити, методика расчета и рационального проектирования

**A.E. Aripbaeva, Zh.U. Myrhalykov, 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, Sheremetiev 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 (✉)

#### **METHODS OF CALCULATING AND RATIONAL DESIGN OF REINFORCING CARCASSES OF TENSION FIREHOSES ON BASIS OF SYNTHETIC FIBERS**

*The method of calculation and rational design of reinforcing carcasses of pressure fire hoses (PFH) on the basis of a mathematical expression linking discontinuous internal hydraulic pressure in the tension firehoses with breaking load in the weft and a number of other parameters was proposed. The necessity of the development of this method, which provides a minimum flow in the manufacture of synthetic fibers at the production of reinforcing carcass, was substantiated. The proposed method of calculation and rational design of the hoses comprises the following steps: selection and definition of the initial data for the calculation of the strength of the reinforcing carcass of hose at the hydraulic impact; calculation of the internal rupture hydraulic pressure in the hose at the several variants of initial data by the mathematical expression; selection of the most rational variant of the calculation of the reinforcing carcass of hose in terms of minimization of costs of material fibers with mandatory compliance of the State Standard R 51049-97 requirements on the breaking pressure. On the base of the developed method patents were received for use in the hoses instead of polyester fibers, fibers of ultrahigh molecular weight polyethylene (UHMWPE fibers), different from conventional fibers exceptionally with high strength and abrasion resistance. The use of the pressure fire hoses shows that the main reason for break at their exploitation is abrasive wear of the reinforcing carcass. In this regard, the use of UHMWPE fibers and fibers of polyamide 66 having a high resistance to abrasion can be considered as one of the most promising directions for the production of pressure fire hoses. Application of the developed method of calculation of strength and rational design of reinforcing carcass of hoses along with the use instead of traditional fibers, fibers of ultrahigh molecular weight polyethylene will lead to the creation of new competitive high-technical pressure fire hoses.*

**Key words:** tension firehose, fabric reinforcing carcass, polyether fiber, calculation and rational design method

В [1] рассмотрены физико-химические, физико-механические свойства синтетических нитей различного состава для армирующего каркаса напорных пожарных рукавов (НПР), назначение и устройство последних, проведен краткий анализ публикаций по их прочностному расчету при гидравлическом воздействии и обозначены достижения в области расчета и проектирования армирующих каркасов рукавов. Там же упоминается о разработанной методике прочностного расчета и рационального проектирования армирующих каркасов НПР при гидравлическом воздействии. Необходимость разработки методики расчета и рационального проектирования НПР, обеспечивающей минимальный расход синтетических нитей при изготовлении армирующего каркаса, заключается в следующем.

Для всех НПР вводятся минимальные значения по разрывным давлениям [2]. Нами проанализированы требования по минимальным значениям разрывных давлений в рукавах, рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа [2], и фактические экспериментальные разрывные давления по данным Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС РФ (г. Балашиха) в латексированных НПР производства ПО «БЕРЕГ», рассчитанных на такое же разрывное давление. Превышение экспериментальных значений над минимальными требованиями [2] составляет 8,3%; 14,3%; 20,0%; 22,9%; 48,6% соответственно для рукавов диаметров 150 мм; 89 мм; 77 мм; 66 мм; 51 мм. С одной стороны, превышение экспериментальных значений разрывных давлений над минимальными требованиями [2] обеспечивает дополнительный запас прочности НПР при гидравлическом воздействии, что само по себе положительно. С другой стороны, эти данные (особенно для рукавов диаметром 77 мм, 66 мм, 51 мм) свидетельствуют о существенном перерасходе синтетических нитей, из которых изготовлен армирующий каркас, что сказывается на существенном удорожании НПР и увеличении его массы. Последнее подтверждает необходимость разработки методики рационального проектирования НПР, обеспечивающей минимальный расход синтетических нитей при производстве армирующего каркаса с обязательным соблюдением требований [2] по разрывному давлению.

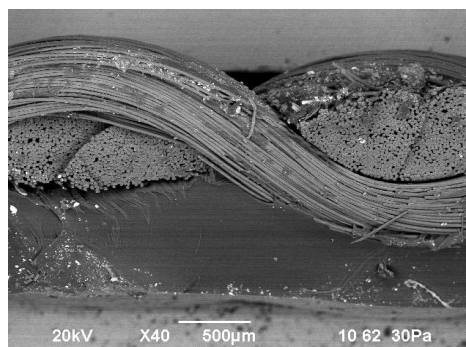
В основу разработанной методики расчета и рационального проектирования НПР заложено

новое математическое выражение, связывающее разрывное внутреннее гидравлическое давление

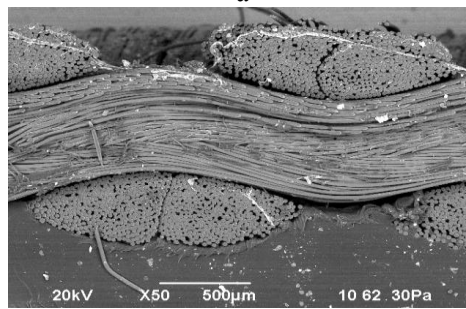
$$P_{разр} = \frac{2N_{разр} L_0}{R \left\{ L_y (2L_0 - \beta_o d_o) + L_o \left[ 2 L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2 \right]^{\frac{1}{2}} + \frac{0,212 \cdot L_y^2 (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2}{L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2} - \beta_y d_y \right\}}, \quad (1)$$

$P_{разр}$  в пожарном рукаве с разрывной нагрузкой  $N_{разр}$  в уточной нити и рядом других параметров:

где  $R$  – радиус пожарного рукава;  $L_o$ ,  $L_y$  – геометрические плотности соответственно по основе и утку армирующего каркаса НПР;  $d_o$ ,  $d_y$ ,  $\eta_{OB}$ ,  $\eta_{yB}$  – соответственно диаметры нитей основы и утка армирующего каркаса НПР и коэффициенты вертикального смятия нитей;  $\beta_o$ ,  $\beta_y$  – коэффициенты, характеризующие длины зон контакта между нитями в каркасе рукава в долях диаметров нитей основы и утка.



а



б

Рис. 1. Фотографии зон контакта между лавсановыми нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 66 мм при разрезе вдоль: а – основной нити при 40 - кратном увеличении; б – уточной нити при 50 - кратном увеличении

Fig. 1. Photos of contact zones between dacron fibers in the reinforcing carcass of tension firehose with diameter of 66 mm and a section along: а – the main fiber at magnification of 40; б – the weft fiber at magnification of 50

Для расчета по представленному математическому выражению разрывного внутреннего гидравлического давления в латексированных НПР различных диаметров производства ПО «БЕРЕГ» по разрывной нагрузке уточной нити, а также для

подтверждения его достоверности, нами были определены необходимые исходные данные. В НПП этого производителя используются как по основе, так и по утку полиэфирные нити различной линейной плотности.

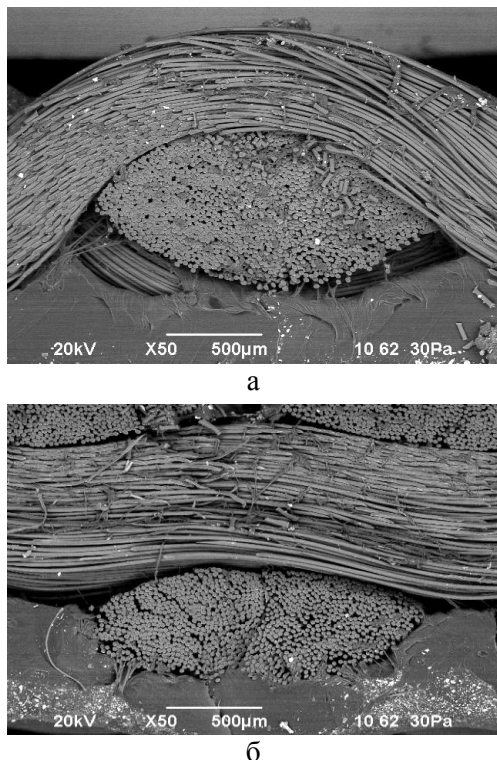


Рис. 2. Фотографии зон контакта между лавсановыми нитями в армирующем каркасе напорного пожарного рукава диаметра 77 мм при 50 - кратном увеличении при разрезе вдоль:

а – основной нити; б – уточной нити

Fig. 2. Photos of contact zones between dacron fibers in the reinforcing carcass of tension firehose with diameter of 77 mm and magnification of 50 at section along: а – the main fiber; б – the weft fiber

Диаметры основных  $d_0$  и уточных  $d_y$  нитей принимались на основе данных производителя рукавов, геометрические плотности по основе  $L_0$  и утку  $L_y$  определялись путем замеров в рукавах, значения разрывных усилий уточных нитей  $N_{разр}$  армирующих каркасов рукавов были определены по результатам испытаний на разрыв на разрывной машине РМИ-250.

Длины дуг контакта между нитями, величины коэффициентов вертикального смятия нитей основы  $\eta_{ОВ}$  и утка  $\eta_{УВ}$  определялись на основе исследования зон контакта между нитями в рукавах различных диаметров при их разрезе. При этом использовался растровый электронный микроскоп JSM-6490LV, позволяющий исследовать микроструктуру и провести анализ поверхности различ-

ных материалов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики. На рис. 1, 2 в качестве примера представлены фотографии зон контакта между нитями при 40 и 50-кратном увеличении.

Расхождение между экспериментальными значениями разрывных давлений в латексированных напорных пожарных рукавах производства ПО «БЕРЕГ», полученных в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны (ВНИИПО) МЧС РФ (г. Балашиха, Московская обл.) и расчетными значениями разрывных давлений в тех же рукавах по математическому выражению (1) не превышает 3%, что подтверждает достоверность представленного математического выражения для прочностного расчета НПП при гидравлическом воздействии.

Разработанная методика расчета и рационального проектирования НПП включает следующие этапы (рис. 3).

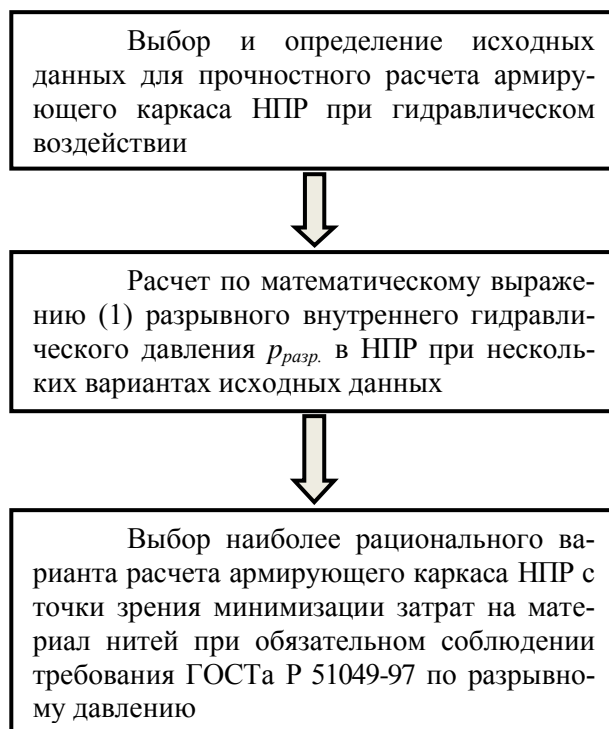


Рис. 3. Основные этапы методики расчета и рационального проектирования напорного пожарного рукава

Fig. 3. The main steps of calculation and rational design of tension firehose

На основе методики расчета и рационального проектирования НПП получены патенты на использование в напорных пожарных рукавах вместо полиэфирных нитей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ-нитей), отличающихся от традиционных исключительно высо-

кой прочностью и сопротивляемостью абразивному истиранию [3, 4]. Практика использования НПП показывает, что основной причиной их разрыва при эксплуатации является абразивный износ армирующего каркаса. Мы считаем использование СВМПЭ-нитей и нитей из полиамида 66, обладающих высокой сопротивляемостью абразивному износу, одним из перспективных направлений для изготовления НПП.

Прочностной расчет и подбор рациональных параметров армирующего каркаса новых НПП из этих нитей может быть выполнен на основе разработанной методики.

Таким образом, разработана методика, позволяющая выполнить прочностной расчет и подобрать рациональные параметры армирующего каркаса НПП из синтетических нитей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Арипбаева А.Е., Мырхалыков Ж.У., Базаров Ю.М., Степанов С.Г.** Перспективное направление в области расчета и проектирования армирующих каркасов напрных пожарных рукавов на основе синтетических нитей. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2016. Т. 59. Вып. 7. С. 92-95.
2. ГОСТ Р 51049-97. Техника пожарная. Рукава пожарные напрные. Общие технические требования. Методы испытания.
3. **Степанов О.С., Чистобородов Г.И., Шомов П.А.** Патент РФ № 130859. 2013.
4. **Степанов О.С., Степанов С.Г., Шомов П.А.** Патент РФ № 140574. 2013.

#### REFERENCES

1. **Aripbaeva A.E., Myrkhalykov Zh.U., Bazarov Yu.M., Stepanov S.G.** Perspective direction in the field of calculation and design of reinforcing carcasses of pressure fire hoses on the base of synthetic fibres. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2016. V. 59. N 7. P. 92-95 (in Russian).
2. RF State Standard P 51049-97. Fire engineering. Pressure fire hoses. General technical requirements. Test methods.(in Russian).
3. **Stepanov O.S., Chistoborodov G.I., Shomov P.A.** RF Patent N 130859. 2013 (in Russian).
4. **Stepanov O.S., Stepanov S.G., Shomov P.A.** RF Patent N 140574. 2013 (in Russian).

*Поступила в редакцию 12.05.2016*

*Принята к опубликованию 28.06.2016*

*Received 12.05.2016*

*Accepted 28.06.2016*