

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУР ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СОСТАВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
С ПОВЫШЕННЫМИ АНТИФРИКЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**DEVELOPMENT OF STRUCTURES OF TECHNICAL FABRICS
USED IN COMPOSITE MATERIALS
WITH INCREASED ANTIFRICTION PROPERTIES**

П.Е. САФОНОВ¹, Н.М. ЛЕВАКОВА¹, Г.С. КУЛАГИНА², Г.Ф. ЖЕЛЕЗИНА², С.С. ЮХИН³

P.E. SAFONOV¹, N.M. LEVAKOVA¹, G.S. KULAGINA², G.F. ZHELEZINA², S.S. YUKHIN³

¹ООО «ТЕКС-ЦЕНТР»,

²НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ,

³Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

¹TEKS-CENTRE Ltd,

²NIC "Kurchatov Institute" – VIAM,

³Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: info@teks-centre.ru, pavlin722007@yandex.ru

Исследование посвящено вопросам проектирования и оценки физико-механических свойств технических тканей полутораслойных переплетений, используемых в качестве наполнителей самосмазывающихся антифрикционных композитов. К тканям, которые выступают в качестве наполнителя антифрикционных композиционных материалов, предъявляются следующие требования: низкий коэффициент трения скольжения; высокая износостойкость при истирании; высокая прочность при растяжении; минимальная поверхностная плотность при заданной толщине; высокая термостойкость; возможность пропитывания различными связующими при получении препрегов и т.д. В соответствии с существующими требованиями спроектированы ткани с поверхностной плотностью не более 350 г/м² и не более 700 г/м², произведены расчеты коэффициентов наполнения. В ходе исследования показано, как от выбора структуры и сырьевого состава ткани изменяются ее физико-механические и эксплуатационные свойства. В качестве основы полутораслойных тканей с дополнительным утком предложено использовать нити ПТФЭ, в качестве утка лицевого (антифрикционного) слоя – нити ПТФЭ или СВМПЭ, а в качестве утка изнаночного (адгезионного) слоя – нити Аримид, Арселон, Руслан или ПЭЭК.

The research is devoted to the design and evaluation of the physical and mechanical properties of technical fabrics of one-and-a-half-layer weaves used as fillers of self-lubricating antifriction composites. The following requirements are imposed on

fabrics that act as a filler of antifriction composite materials: low coefficient of sliding friction; high abrasion resistance; high tensile strength; minimum surface density at a given thickness; high temperature resistance; the possibility of impregnation with various binders when preparing prepregs, etc. In accordance with the requirements, fabrics with a surface density of no more than 350 g/m² and no more than 700 g/m² were designed, filling coefficients were calculated. The study shows how the choice of the structure and raw material composition of the fabric changes its physical, mechanical and operational properties. It is proposed to use PTFE threads as the basis of one-and-a-half-layer fabrics with an additional weft, as a weft of the front (antifriction) layer of PTFE or UHMWPE thread, and as a weft of the wrong (adhesive) layer of Arimid, Arcelon, Ruslan or PEEK thread.

Ключевые слова: полутораслойное переплетение, стойкость при истирании, ПТФЭ, Аримид, Арселон.

Keywords: one-and-a-half-layer weave, abrasion resistance, PTFE, Arimid, Arcelon.

Исследование проводилось с целью разработки методов проектирования и испытаний свойств тканей, предназначенных для изготовления самосмазывающихся антифрикционных композиционных материалов, используемых в том числе в узлах авиационной техники.

Для изготовления самосмазывающихся антифрикционных материалов нашли применение полтора- и двухслойные ткани, содержащие комплексные нити на основе политетрафторэтилена (далее ПТФЭ нити), например нити, выпускаемые ранее в СССР/РФ под торговым названием Полифен, или их зарубежные аналоги – Teflon®, TORAY Fluorofibers, Inc. Япония/США [1...3].

Переработка ПТФЭ в волокнистые материалы затрудняется тем, что этот полимер не может быть переведен в расплав без разложения и не растворяется в известных растворителях, поэтому для получения ПТФЭ-волокон разработан способ, отличающийся от других способов получения синтетических волокон [3].

Волокна на основе ПТФЭ имеют плотность около 2,2 г/см³, при этом комплексные нити из ПТФЭ имеют невысокую прочность 100-150 мН/текс и рабочий диапазон температур от -160 до +275°С.

Уникальные свойства волокон и нитей, полученных из ПТФЭ, определяются спецификой атомов фтора, строением и структурой высокомолекулярного высококристал-

лического полимера. Благодаря спиралевидной форме молекул ПТФЭ образуется своеобразный идеальный цилиндр с плотной внешней оболочкой из атомов фтора, именно таким строением молекул объясняется уникальная химическая стойкость, низкий коэффициент трения и высокая пластичность при низких температурах [4].

Существуют и другие фторсодержащие волокна и текстильные нити, например, отечественные нити Фторлон с плотностью 2,13 г/см³, которые имеют более низкую температуру эксплуатации (120-130°С), чем нити Полифен (и аналоги), но превосходят Полифен по прочности. Существуют также монопилиты Фторин®, изготовленные из фторопласта-4МБ и выпускаемые ООО «НПК «Композит». Данные монопилиты устойчивы к действию агрессивных сред при повышенных температурах, к действию 93-100% серной кислоты, температурный диапазон эксплуатации Фторина от -180 до +200°С.

Для всех фторсодержащих нитей свойственна высокая гидрофобность, которая при их переработке в ткачестве приводит к высокой электризуемости, что следует учитывать при разработке технологических параметров подготовки и ткачества (использовать соответствующие текстильно-вспомогательные вещества и нейтрализаторы электростатического заряда).

Несмотря на целый спектр уникальных свойств фторсодержащих нитей следует учитывать, что сырьевая база для их производства ограничена, а стоимость их значительно выше стоимости других синтетических нитей. Поэтому фторсодержащие нити и ткани на их основе целесообразно применять лишь в тех случаях, когда другие синтетические материалы не могут выдержать условий эксплуатации.

Известно [2], что в ВИАМе разработаны антифрикционные органопластики Оргалон АФ-1М-260 и Оргалон АФ-1М-500, которые широко используются для изготовления тяжело нагруженных узлов трения авиационной техники. Использование антифрикционных органопластиков Оргалон позволяет увеличить нагрузочную способность и ресурс работы узлов трения, сократить количество подвижных соединений, уменьшить трудоемкость изготовления и массу агрегатов, резко сократить затраты на техническое обслуживание.

В качестве наполнителей органопластиков типа Оргалон используются ткани, выпускаемые ООО «ТЕКС-ЦЕНТР». Данные ткани изготавливаются полутораслойным переплетением с дополнительным утком. Причем верхний (лицевой) слой ткани выступает в качестве рабочего и отвечает за

антифрикционные свойства, а нижний (изнаночный) слой выступает в качестве адгезионного/технологического слоя.

В основе проектируемых тканей предложено использовать ПТФЭ нити, в изнаночном слое утка – полиимидные нити (Аримид), параарамидные нити (Руслан), полиэфирэфиркетонные нити (ПЭЭК), полиоксидазольные нити (Арселон) или другие термостойкие нити, а в лицевом (антифрикционном) слое утка – ПТФЭ нити или другие фторсодержащие нити [5].

Использование перечисленных выше волокнистых материалов, в частности на основе ПТФЭ и ПЭЭК, при создании антифрикционных композитов нашло подтверждение в работах [6...8].

Далее спроектируем структуру и исследуем параметры строения и физико-механические свойства тканей для антифрикционных материалов с учетом смятия нитей.

Ткани предлагается изготавливать полутораслойным переплетением с дополнительным утком, в качестве базовых переплетений могут быть использованы неправильный четырех- или шестиремизный сатин, сатин 8/3, усиленный сатин 8/3, полотняное переплетение и сочетание данных переплетений.

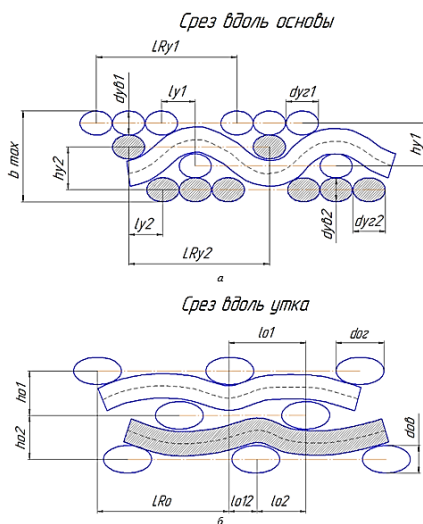


Рис. 1

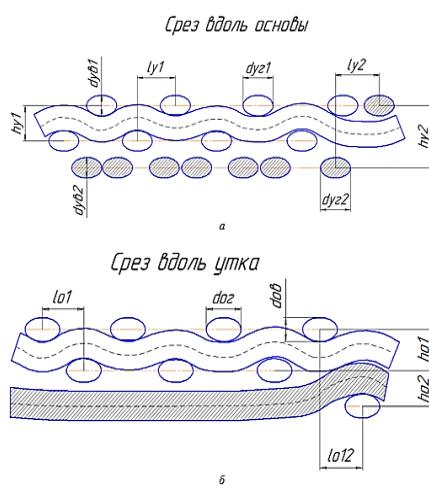


Рис. 2

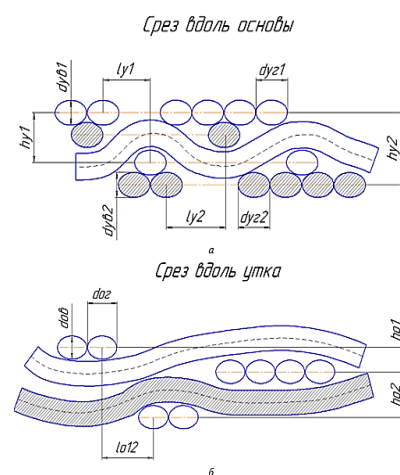


Рис. 3

На рис. 1 представлена геометрическая модель строения вдоль основы и утка полутораслойной ткани с дополнительным утком на базе неправильного четырехремиз-

ного сатина. На рис. 2 представлена геометрическая модель строения полутораслойной ткани с дополнительным утком на базе полотняного переплетения (лицо) и сатина

8/3 (изнанка), а на рис. 3 – модель строения полутораслойной ткани на базе усиленного сатина 8/3.

Дадим пояснение принятым на рисунках и в формулах обозначениям: L_{Ry1} – длина раппорта ткани по утку верхнего слоя; L_{Ry2} – длина раппорта ткани по утку нижнего слоя; L_{Ro} – длина раппорта ткани по основе; l_{y1} – геометрическая плотность ткани по утку верхнего слоя; l_{y2} – геометрическая плотность ткани по утку нижнего слоя; $d_{ог}$ – диаметр основы по горизонтали; $d_{ов}$ – диаметр основы по вертикали; $d_{уг1}$ – диаметр утка по горизонтали верхнего слоя; $d_{уг2}$ – диаметр утка по горизонтали нижнего слоя; d_{yb1} – диаметр утка по вертикали верхнего слоя; d_{yb2} – диаметр утка по вертикали нижнего слоя; b_{max} – максимальная толщина ткани; h_{y1} – высота волны изгиба верхнего утка; h_{y2} – высота волны изгиба нижнего утка; h_{o1} – высота волны изгиба основы в пределах верхнего

слоя; h_{o2} – высота волны изгиба основы в пределах нижнего слоя; l_{o1} – геометрическая плотность ткани по основе в местах пересечения нитей основы нитями утка верхнего слоя; l_{o2} – геометрическая плотность ткани по основе в местах пересечения нитей основы нитями утка нижнего слоя; l_{o12} – геометрическая плотность ткани по основе в местах одновременного взаимного пересечения нитей основы и нитей утка обоих слоев.

В соответствии с требованиями необходимо было спроектировать ткань с поверхностной плотностью не более 350 г/м² и ткань с поверхностной плотностью не более 700 г/м². С учетом моделей, представленных выше, спроектированы и изготовлены образцы и опытные партии полутораслойных тканей.

В табл. 1 представлены значения показателей физико-механических свойств полутораслойной ткани с поверхностной плотностью не более 350 г/м².

Таблица 1

Наименование показателя свойств	Номер образца						
	1	2	3	4	5	6	
Поверхностная плотность, г/м ²	294,5	297,2	321,8	249,5	291,8	290,9	
Толщина ткани, мкм, при 19 кПа	416	424	486	458	426	454	
Число нитей на 10 см	по основе	308	-/-	-/-	-/-	317	317
	по утку	357	355	366	357	372	345
Разрывная нагрузка полоски ткани (50*200) мм, Н	по основе	809	-/-	-/-	-/-	822	881
	по утку	1418	1393	1219	6505	1587	1542
Удлинение при разрыве полоски ткани (50*200) мм, %	по основе	28,2	-/-	-/-	-/-	23,7	28,8
	по утку	13,5	8,2	12,8	3,7	13,5	14,2
Стойкость ткани при истирании, циклы	лицо	1049	2509	946	2064	1277	1624
	изнанка	1385	2696	1599	2001	3225	7579

В табл. 1 приняты следующие обозначения образцов полутораслойной ткани с дополнительным утком (в основе всех тканей нить ПТФЭ 44,4 текс):

1 – ткань на базе четырехремизного сатина: уток лицевого слоя – нить ПТФЭ 44,4 текс, уток изнаночного слоя – нить Аримид 29,4 текс;

2 – ткань на базе четырехремизного са-

тина: лицо – нить Фторлон 16,6х3 текс, изнанка – Аримид 29,4 текс;

3 – ткань на базе четырехремизного сатина: лицо – монопить Фторин 0,09х4 мм, изнанка – Аримид 29,4 текс;

4 – ткань на базе четырехремизного сатина: лицо – нить СВМПЭ 22 текс, изнанка – нить Руслан 29,4 текс;

5 – ткань на базе усиленного сатина 8/3: лицо – нить ПТФЭ 44,4 текс, изнанка – нить Аримид 29,4 текс;

6 – ткань на базе полотняного переплетения и сатина 8/36: лицо – нить ПТФЭ 44,4 текс, изнанка – нить Аримид 29,4 текс.

При анализе данных табл. 1 установлено, что наибольшей стойкостью к истиранию по лицевой и изнаночной стороне отличаются образцы 2, 4 и 6, что является определяющим свойством с точки зрения увеличения срока службы антифрикционных материалов.

Максимальную разрывную нагрузку удастся обеспечить при использовании в составе ткани арамидных нитей типа Руслан и нитей сверхвысокомодульного полиэтилена (СВМПЭ), однако недостаток СВМПЭ заключается в низкой температуре

эксплуатации (90-120°C) [9, 10], что сужает область использования данного материала.

Таким образом, установлено, что путем изменения сырьевого состава в лицевом и/или изнаночном слое, а также вида переплетения удастся управлять прочностью при растяжении и стойкостью при истирании ткани для антифрикционных материалов.

Для изготовленных образцов полутораслойных тканей произведены расчеты параметров строения и коэффициентов наполнения волокнистым материалом [11, 12]. Для расчета фактических значений коэффициентов наполнения необходимо воспользоваться срезами ткани вдоль основы (рис. 4), утка верхнего слоя (рис. 5) и утка нижнего слоя (рис. 6). В качестве примера представлена ткань на базе полотняного переплетения и сатина 8/3.

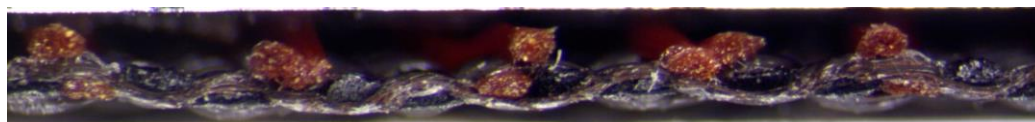


Рис. 4

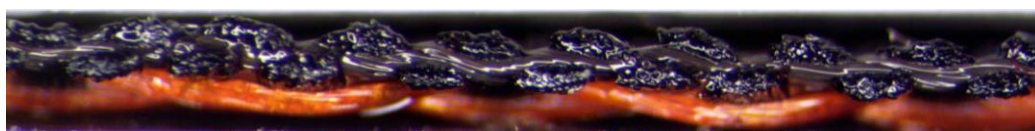


Рис. 5

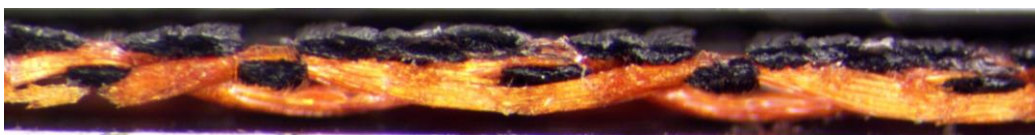


Рис. 6

Коэффициент наполнения по основе полутораслойной ткани с дополнительным

утком определяется по формуле:

$$K_{Ho} = \frac{P_o \cdot [l_{o1}t_{y1} + l_{o2}t_{y2} + l_{o12}t_{y12} + d_{or}(R_o - t_{y1} - t_{y2} - t_{y12})]}{1,5 \cdot 100 \cdot R_o} \quad (1)$$

Коэффициент наполнения по утку для верхнего слоя полутораслойной ткани:

$$K_{Hy1} = \frac{P_{y1} \cdot [l_{y1}t_{o1} + d_{y1}(R_{y1} - t_{o1})]}{100 \cdot R_{y1}} \quad (2)$$

Коэффициент наполнения по утку для нижнего слоя полутораслойной ткани:

$$K_{Hy2} = \frac{P_{y2} \cdot [l_{y2}t_{o2} + d_{y2}(R_{y2} - t_{o2})]}{100 \cdot R_{y2}} \quad (3)$$

Геометрическая плотность ткани по основе в местах пересечения нитей основы нитями утка верхнего слоя:

$$l_{o1} = \sqrt{(d_{ог} + d_{yb1})^2 - h_{o1}^2}. \quad (4)$$

Геометрическая плотность ткани по основе в местах пересечения нитей основы нитями утка нижнего слоя:

$$l_{o2} = \sqrt{(d_{ог} + d_{yb2})^2 - h_{o2}^2}. \quad (5)$$

Геометрическая плотность ткани по основе в местах одновременного взаимного пересечения нитей основы и нитей утка обоих слоев:

$$l_{o12} = \sqrt{(d_{ог} + d_{yb1} + d_{yb2})^2 - (h_{o1} + h_{o2})^2}. \quad (6)$$

Геометрическая плотность ткани по утку верхнего слоя:

$$l_{y1} = \sqrt{(d_{ов} + d_{yg1})^2 - h_{y1}^2}. \quad (7)$$

Геометрическая плотность ткани по утку нижнего слоя:

$$l_{y2} = \sqrt{(d_{ов} + d_{yg2})^2 - h_{y2}^2}. \quad (8)$$

В табл. 2 представлены значения коэффициентов наполнения полутораслойной ткани с поверхностной плотностью не более 350 г/м².

Таблица 2

Номер образца	Коэффициент наполнения		
	по основе	по утку в верхнем слое	по утку в нижнем слое
1	1,48	0,80	0,85
2	1,50	0,85	0,86
3	1,43	0,89	0,83
4	1,52	0,90	0,83
5	1,11	0,79	0,83
6	1,57	1,12	1,09

В табл. 3 представлены значения параметров строения полутораслойной ткани с поверхностной плотностью не более 350 г/м², необходимые для расчетов коэффициентов наполнения.

Таблица 3

Наименование параметра строения	Номер образца ткани					
	1	2	3	4	5	6
Геометрическая плотность, мм:						
l_o	0,321	0,318	0,330	0,346	0,329	0,325
l_{y1}	0,534	0,546	0,545	0,577	0,528	0,592
l_{y2}	0,548	0,568	0,522	0,576	0,515	0,544
Высота волны изгиба нити, мм:						
h_o	0,341	0,362	0,430	0,359	0,235	0,213
h_{y1}	0,103	0,074	0,147	0,097	0,215	0,077
h_{y2}	0,056	0,091	0,115	0,088	0,156	0,262
Диаметр основы в ткани с учетом смятия, мм:						
$d_{ог}$	0,464	0,454	0,437	0,478	0,328	0,421
$d_{ов}$	0,102	0,105	0,109	0,128	0,113	0,120
Диаметр утка в ткани с учетом смятия, мм:						
$d_{y1г}$	0,325	0,383	0,422	0,466	0,308	0,304
$d_{y1в}$	0,091	0,134	0,105	0,139	0,137	0,123
$d_{y2г}$	0,389	0,405	0,346	0,376	0,341	0,344
$d_{y2в}$	0,139	0,124	0,141	0,140	0,122	0,148
Уработка нитей в ткани, %:						
a_o	6,9	10,3	9,0	6,9	3,5	6,5
a_{y1}	1,4	0,6	3,0	1,5	1,9	3,1
a_{y2}	0,6	2,7	1,2	0,3	0,9	2,3

Установлено, что образец ткани № 6 отличается максимальными значениями коэффициентов наполнения по основе и по

утку в слоях. При этом данный образец имеет наибольшую стойкость при истирании в одном из слоев среди всех вариантов

ткани. Этот результат достигается за счет использования в одном слое полотняного переплетения с минимальной длиной перекрытий, а в другом слое сатинового переплетения с длинными уточными перекрытиями.

Далее обратим внимание на особенности разрушения полутораслойных тканей с дополнительным утком в процессе истирания. На рис. 7 представлены фотографии полутораслойной ткани до и после испытаний по ГОСТ 18976. Из представленных снимков видно, что при истирании первыми разрушаются короткие основные перекрытия, формирующие опорную поверхность ткани, что обусловлено максимальным изгибом основы в тканях полутораслойного переплетения с дополнительным утком. При этом уточные нити верхнего и нижнего слоя остаются неразрушенными.

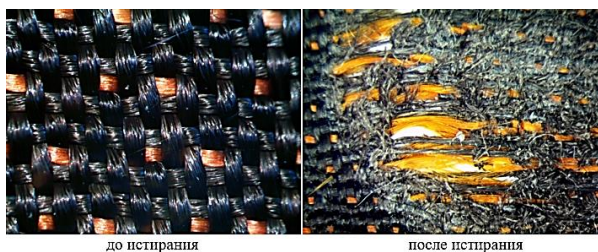


Рис. 7

Полученные результаты наглядно подтверждают вывод о том, что для повышения стойкости при истирании ткани необходимо вывести на ее опорную поверхность как можно больше перекрытий той системы, которая обладает наибольшей степенью изгиба.

ВЫВОДЫ

Спроектированы по поверхностной плотности и коэффициенту наполнения полутораслойные ткани с дополнительным утком на базе неправильного сатина, усиленного сатина и комбинации полотняного (лицо) и сатинового (изнанка) переплетений.

В основе проектируемых тканей предложено использовать ПТФЭ нити линейной плотности 44,4 текс, в изнаночном (адгезионном/технологическом) слое утка – нити Аримид 29,4 текс, нити Руслан 29,4 текс,

нити ПЭЭК 30 текс, нити Арселон 29,4 текс или другие нити, отвечающие требованиям термостойкости и прочности, а в лицевом (антифрикционном/рабочем) слое утка – нити ПТФЭ, нити Фторлон или Фторин.

Установлено, что для увеличения стойкости полутораслойной ткани к истиранию необходимо ее рабочую (лицевую) сторону сформировать полотняным переплетением с максимальным количеством коротких основных перекрытий, а изнаночную сторону сформировать сатиновым переплетением с длинными уточными перекрытиями.

При расчете коэффициентов наполнения ткани установлено, что максимальных значений наполнения по основе и утку в верхнем и нижнем слое удастся добиться при использовании комбинации полотняного (лицо) и сатинового (изнанка) переплетений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железина Г.Ф. Совершенствование конструкционных и функциональных органопластиков для изделий авиационной техники // Авиационные материалы: Избр. тр., 1932-2007. М.: ВИАМ, 2007. С. 232...239.
2. Кулагина Г.С., Кан А.Ч., Железина Г.Ф., Левакова Н.М. Антифрикционные материалы на основе полимерных волокон // Труды ВИАМ. 2022. № 11 (117). С. 05. – <http://www.viam-works.ru>. – DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-11-48-59.
3. Демидов А.В., Витковская Р.Ф., Терещенко Л.Я. Текстиль в технике и защите окружающей среды / под ред. проф. К.Е. Перепелкина. СПб.: СПГУТД, 2009. 338 с.
4. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб.: Профессия, 2012. 624 с.
5. Кулагина Г.С., Железина Г.Ф., Левакова Н.М., Сафонов П.Е. Полимерные волокна в составе тканых наполнителей для самосмазывающихся антифрикционных материалов // Труды ВИАМ. 2023. № 11 (129). Ст. 03. – <http://www.viam-works.ru>. – DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-26-36.
6. Пат. 2463321 РФ. Антифрикционный композитный материал для изготовления элементов уплотненной судовой арматуры.
7. Пат. 2486216 РФ. Ткань с покрытием и способ изготовления листового материала.
8. Пат. 2347791 РФ. Волокнистый препрег для изготовления износостойкого полимерного композиционного материала (варианты).
9. Кудинов В.В., Корнеева Н.В., Колмаков А.Г., Геров М.В., Крылов И.К., Мамонов В.И. Композици-

онные материалы на основе высокопрочных высокомодульных СВМПЭ-волокон // Новейшие тенденции в области конструирования и применения баллистических материалов и средств защиты: тез. докл. XII Междунар. науч.-практ. конф. М.: НИИ-Стали, 2012. С. 53...54.

10. *Корнеева Н.В.* Разработка волокнистых полимерных композиционных материалов, армированных СВМПЭ-волокнами, тканями и неткаными материалами, обработанными неравновесной низкотемпературной плазмой: дис. ... д-ра техн. наук. Казань, 2011. 296 с.

11. *Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А.* Строение и проектирование тканей. М.: МГТА, 1999. 434 с.

12. *Юсупова Н.Б., Хамраева С.А., Ешжанов А.А., Езиева М.М., Доскараева Ж.Е., Мухамедин В.М.* Создание двухслойной ткани костюма с определенной поверхностной плотностью // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1 (403). С. 104...107. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_1_104.

REFERENCES

1. *Zhelezina G.F.* Improvement of structural and functional organoplastics for aircraft products // Aviation materials. Selected works of "VIAM" 1932-2007: М.: VIAM, 2007. Pp. 232...239.

2. *Kulagina G.S., Kan A.Ch., Zhelezina G.F., Levakova N.M.* Antifriction materials based on polymer fibers. Trudy VIAM, 2022, 11 (117), P. 05. – <http://www.viam-works.ru>. – DOI: 10.18577/23 07-6046-2022-0-11-48-59.

3. *Demidov A.V., Vitkovskaya R.F., Tereshchenko L.Ya.* Textiles in technology and environmental protection: monograph / edited by Prof. K.E. Perepelkin. St. Petersburg: SPGUTD, 2009. 338 p.

4. *Mikhailin Yu.A.* Heat-resistant polymers and polymer materials. St. Petersburg: Profession, 2012. 624 p.

5. *Kulagina G.S., Zhelezina G.F., Levakova N.M., Safonov P.E.* Polymer fibers in the composition of fabrics for self-lubricating antifriction materials. Trudy VIAM, 2023, no. 11 (129), paper no. 03. – <http://www.viam-works.ru>. – DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-11-26-36.

6. Pat. 2463321 RF. Antifriction composite material for the manufacture of elements of sealed ship fittings.

7. Pat. 2486216 RF. Coated fabric and a method for making sheet material.

8. Patent 2347791 RF. Fibrous prepreg for the manufacture of wear-resistant polymer composite material (variants).

9. *Kudinov V.V., Korneeva N.V., Kolmakov A.G., Gerov M.V., Krylov I.K., Mamonov V.I.* Composite materials based on high-strength high-modulus UHMWPE fibers // The latest trends in the field of design and application of ballistic materials and protective equipment: abstracts of the XII international scientific and practical conference. М.: NIISTali, 2012. Pp. 53...54.

10. *Korneeva N.V.* Development of fibrous polymer composite materials reinforced with UHMWPE fibers, fabrics and nonwovens treated with nonequilibrium low-temperature plasma: dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Kazan, 2011. 296 p.

11. *Martynova A.A., Slostina G.L., Vlasova N.A.* Structure and design of fabrics. М.: MGTA, 1999. 434 p.

12. *Yusupova N.B., Xamraeva S.A., Yeshzhanov A.A., Yeziyeva M.M., Doskaraeva J.E., Mukhamedin V.M.* Creating of a double-layer fabric suit with a certain surface density // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. № 1 (403). С. 104...107. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_1_104.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 18.12.23.