

УДК 677.017

Т.А. Нестерова¹, М.М. Платонов¹, И.А. Назаров¹, С.Л. Барботько¹**ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ НОВОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ БАЛЛОНЕТА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАПА
ДЛЯ АВАРИЙНОГО ПОКИДАНИЯ КАБИНЫ ВЕРТОЛЕТА**

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-12-7-7

Проведены исследования по разработке тканепленочного материала, предназначенного для изготовления трапов (баллонетов) – средств спасения экипажа вертолета. Применяемая в настоящее время для изготовления баллонетов прорезиненная ткань имеет недостаточную прочность связи покрытия с тканью и, как следствие, небольшой срок службы баллонетов. Для проведения исследований изготовлены материалы из синтетических полиамидных или полиэфирных тканей с двухсторонним полимерным покрытием на основе полиуретановых каучуков марок SKU-8A и SKU-8TB, смеси этилен-пропиленового каучука марки СКЭПТ-40 с бутилкаучуком марки БК-1675Н и силоксанового каучука марки SKT. Изучены их физические, физико-механические и специальные свойства. Показано, что наиболее полно требованиям отвечает тканепленочный материал, изготовленный на основе полиэфирной ткани арт. 208 и полиуретанового каучука SKU-8TB.

Ключевые слова: многослойный материал, баллонет, газопроницаемость, полимерное покрытие, технические ткани.

Research on development of film-fabric material intended for manufacturing ballonets, survival equipment of helicopter crew are conducted. Frictioned fabric applied now for manufacturing ballonets has an insufficient bonding strength of coating with fabric and as a result short service life of ballonets. For carrying out research materials have been made of synthetic polyamide or polyester fabrics with double-sided polymer coating on the basis of polyurethane rubbers of brands SKU-8A and SKU-8TB, mix of ethylene-propylene rubber of SKEPT-40 brand with butyl rubber of BK-1675N brand and siloxane rubber of SKT brand. Their physical, physico-mechanical and special properties are studied. It is shown that film-fabric material made on the basis of polyester fabric art. 208 and polyurethane SKU-8TB rubber is the most conformed to the requirements.

Keywords: multi-layer material, ballonnet, gas permeability, polymer coating, technical fabrics.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 17.6. «Тканепленочные материалы» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1]. Среди приоритетных стратегических направлений развития материалов и технологий существенная роль отведена разработке полимерных композиционных материалов (ПКМ) [2, 3].

При возникновении аварийных ситуаций на летательных аппаратах жизнь пассажиров и членов экипажа зависит в том числе от свойств материалов, используемых для изготовления средств спасения (трапов, баллонетов, трапов-плотов и других), поэтому разработка новых материалов для средств спасения, отвечающих современным требованиям, имеет большое значение.

В настоящее время при возникновении внештатных ситуаций на высоте >100 м для аварийного покидания вертолета члены экипажа используют автоматически надуваемые

трапы – баллонеты. Баллонеты, применяемые на вертолетах, изготавливают из прорезиненной ткани, представляющей собой ткань перкаль с покрытием из натурального каучука. Прорезиненная ткань имеет массу 1 м^2 : $465 \div 520 \text{ г}$, теплостойкость – не ниже $+50^\circ\text{C}$, температурный предел хрупкости – не выше -50°C . Изготавливают баллонеты прошивным способом, швы проклеивают перкалем и заделывают герметиком [4]. Недостатком данной ткани является низкая прочность связи покрытия с тканью и малый срок службы.

В связи с вышеизложенным разработка новых тканепленочных материалов для изготовления баллонетов, имеющих более низкую массу 1 м^2 , расширенный диапазон рабочих температур и более высокую прочность связи покрытия с тканью, а следовательно, обеспечивающих более высокие требования по срокам службы и условиям эксплуатации, является актуальной задачей [5].

В настоящее время за рубежом при изготовлении надувных спасательных трапов для самолетов широкое применение находят материалы на основе технических тканей полотняного переплетения из нейлона-6,6 с двухсторонним полиуретановым покрытием. Данные материалы отвечают требованиям технического стандарта TSO-C69c для спасательного оборудования, регламентирующим прочностные и пожаробезопасные характеристики, герметичность, грибостойкость, тепловое и тепловлажностное старение [6].

Требования по пожаробезопасности, предъявляемые к ряду авиационных полимерных материалов декоративно-отделочного и функционального назначения для интерьера и внутренней отделки пассажирских и багажно-грузовых отсеков (панели стен, потолка, пола, перегородок, тепловая и акустическая изоляция, обивка и набивка кресел, ковры, портьеры, шторы, детали приборов, вибропоглощающие материалы, спасательные трапы и др.), не распространяются на материалы, предназначенные для изготовления надувных трапов – баллонетов. Отсутствие обязательных требований по пожаробезопасности материалов для данного типа изделий обусловлено как условиями работы, так и малой численностью экипажа вертолета [7–12].

Материалы и методы

С учетом доступности и оптимального комплекса механических и физических свойств, в качестве тканевой основы выбраны лавсан и капрон [13]. Поскольку в число требований, предъявляемых к материалам для баллонета, входят герметичность и масса 1 м^2 , то при выборе технических тканей руководствовались значениями показателей по воздухопроницаемости и поверхностной плотности.

Для исследований выбрали три варианта тканей из полиамидных нитей (капрон): саржевое переплетение арт. 8482; переплетение атлас арт. 56038, переплетение рогожка 2×2 арт. 56026, а также три варианта тканей из полиэфирных нитей (лавсан): переплетение саржа арт. 5356, переплетение полотно арт. 21699 и арт. 208. Воздухопроницаемость технических тканей составляла соответственно 39; 116; 105; 85; 184; 13 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; поверхностная плотность – соответственно 161; 178; 161; 178; 148; 179 $\text{г}/\text{м}^2$.

В качестве полимерных матриц выбраны:

– полиуретановые каучуки марок СКУ-8А и СКУ-8ТБ, обладающие низкой газопроницаемостью и высокой эластичностью [14];

– смесь этиленпропиленового каучука марки СКЭПТ-40, обладающего высокой эластичностью, морозостойкостью и термостойкостью, с бутилкаучуком марки БК-1675Н, обладающего высокой газо- и паронепроницаемостью, тепло- и химической стойкостью [15];

– силоксановый каучук марки СКТ, обладающий хорошими водостойкими и гидрофобными свойствами, имеющий высокую тепло- и атмосферостойкость [16].

Для исследований изготовлено шесть вариантов экспериментальных полимерных композиций следующих составов:

– варианты 1, 2, 3 – на основе каучука СКУ-8ТБ с содержанием наполнителя TiO_2 соответственно 5; 10 и 15 мас. ч.;

– вариант 4 – на основе каучука СКУ-8А с содержанием наполнителя TiO_2 : 10 мас. ч.;

– вариант 5 – на основе смеси каучука СКЭПТ-40+БК-1675Н с введением ускорителя вулканизации, активатора, наполнителя;

– состав 6 – на основе каучука СКТ с введением катализатора, активатора, наполнителя.

Композиции на основе полиуретановых каучуков СКУ-8ТБ, СКУ-8А и смеси каучуков СКЭПТ-40+БК-1675Н изготавливали на вальцах путем поочередного введения компонентов. Затем проводили растворение смеси. Полноту растворения смеси определяли визуально – раствор не должен содержать комков. Соотношение массы вальцованной смеси к массе растворителя составляло: 1:2,1 – для СКУ-8ТБ; 1:1,5 – для СКУ-8А; 1:2,0 – для СКЭПТ-40+БК-1675Н.

Перед нанесением полиуретановой полимерной композиции на ткань в растворенную смесь добавляли полиизоцианат (ПИЦ) в расчете 100 г ПИЦ на 1000 г полиуретанового каучука.

Полимерную композицию на основе каучука СКТ изготавливали путем поочередного введения и перемешивания компонентов в раствор каучука СКТ.

Изготовлены экспериментальные образцы материала для баллонета на основе:

– полимерных композиций вариантов 1–4 (каучуки СКУ-8А и СКУ-8ТБ) и технических тканей арт. 56026, арт. 8482, арт. 56038, арт. 21699, арт. 5356 и арт. 208;

– полимерных составов 5 и 6 (смеси каучуков СКЭПТ-40+БК-1675Н и каучука СКТ) и технических тканей арт. 5356 и арт. 8482.

Нанесение и формирование двухстороннего полимерного покрытия осуществляли непосредственно на тканях послойно с промежуточной сушкой каждого слоя [17].

Исследование свойств материалов проводили по следующим стандартам:

– масса 1 м² (поверхностная плотность) по ГОСТ 17073;

– разрывная нагрузка по ГОСТ 173160;

– сопротивление раздиранию по ГОСТ 17074;

– устойчивость к многократному изгибу по методике ОАО «НИИРП» М338405712–90;

– воздухопроницаемость на приборе «Градовец» по методике ОАО «НИИРП» М38-59-221–2002;

– водородонепроницаемость по методике ОАО «НИИРП» М38 Заг 405629–86;

– сохранение герметичности по ММ1-595-20-363–2008.

Испытания на устойчивость к многократному изгибу, воздухопроницаемость на приборе «Градовец», водородонепроницаемость проводили в ОАО «НИИРП».

Определение воздухопроницаемости на приборе «Градовец» базируется на поддержании в течение определенного времени избыточного давления воздуха, действующего на образец испытуемого материала. Образец $\varnothing 505$ мм (диаметр рабочего участка 350 мм) размещают между камерой и упорным кольцом технического устройства, зажимают под воздействием избыточного давления воздуха, создаваемого пневмоцилиндром. В рабочую камеру подают воздух до достижения избыточного давления (заданного условиями испытаний) и поддерживаемого в течение времени, заданного условиями испытаний. Утечку воздуха или герметичность контролируют, нанося мыльный раствор на поверхность образца и наблюдая за появлением или отсутствием пузырьков на поверхности образца.

Сущность метода по определению водородонепроницаемости заключается в измерении объемной концентрации водорода, прошедшего за определенный промежуток времени через заданную площадь образца в верхнюю камеру устройства.

Метод по определению сохранения герметичности основан на воздействии заданного избыточного давления, создаваемого внутри герметичного цилиндра, на испытуемый образец материала, закрепленный на лицевой стенке цилиндра, и определенное время, в течение которого избыточное давление внутри испытательного модуля не уменьшается (снижение давления не превышает допустимое значение).

Результаты и обсуждение

Результаты исследования физических свойств экспериментальных образцов тканепленочных материалов для баллонета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования физических свойств опытных образцов материалов для баллонета

Условный номер образца	Состав (артикул ткани, переплетение)	Состав полимерной матрицы	Привес покрытия, г/м ²	Значения свойств материала		
				масса 1 м ² , г	толщина, мм	жесткость, гс
1	Полиамид (арт. 56026, рогожка 2×2)	Каучук СКУ-8ТБ+5% TiO ₂	189,0	350,0	0,409	8,0
2		Каучук СКУ-8ТБ+10% TiO ₂	192,2	353,2	0,315	11,7
3		Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	189,0	350,0	0,344	6,5
4	Саржа (арт. 8482, полиамид)	Каучук СКУ-8ТБ+5% TiO ₂	189,7	350,9	0,459	6,5
5		Каучук СКУ-8ТБ+10% TiO ₂	188,8	350,0	0,383	10,7
6		Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	201,0	371,04	0,39	9,03
7	Атлас (арт. 56038, полиэфир)	Каучук СКУ-8ТБ+5% TiO ₂	171,5	350,0	0,371	10,2
8		Каучук СКУ-8ТБ+10% TiO ₂	184,0	362,5	0,344	18,2
9		Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	171,5	350,0	0,351	8,41
10	Полотно (арт. 21699, полиэфир)	Каучук СКУ-8ТБ+5% TiO ₂	203,2	350,9	0,351	5,7
11		Каучук СКУ-8ТБ+10% TiO ₂	202,4	350,1	0,318	10,8
12		Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	203,2	350,9	0,323	5,03
13	Саржа (арт. 5356, полиэфир)	Каучук СКУ-8ТБ+5% TiO ₂	175,3	352,9	0,406	9,7
14		Каучук СКУ-8ТБ+10% TiO ₂	176,1	353,7	0,304	16,7
15		Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	173,2	350,8	0,349	9,97
16	Полотно (арт. 208, полиэфир)	Каучук СКУ-8ТБ+15% TiO ₂	169,2	350,0	3,58	20,9
17	Рогожка 2×2 (арт. 56026, полиамид)	Каучук СКУ-8А+10% TiO ₂	189,0	350,0	0,378	10,49
18	Атлас (арт. 56038, полиэфир)	Каучук СКУ-8А+10% TiO ₂	196,9	375,4	0,378	10,14
19	Саржа (арт. 8482, полиамид)	Каучук СКУ-8А+10% TiO ₂	193,2	354,4	0,359	8,67
20	Полотно (арт. 21699, полиэфир)	Каучук СКУ-8А+10% TiO ₂	202,3	350,0	0,315	5,89
21	Саржа (арт. 5356, полиэфир)	Каучук СКУ-8А+10% TiO ₂	178,5	356,1	0,323	9,71
22	Саржа (арт. 5356, полиэфир)	Каучук СКЭПТ+БК-1675Н	188,5	366,1	0,332	7,37
23	Саржа (арт. 8482, полиамид)	Каучук СКЭПТ+БК-1675Н	205,8	367,0	0,375	6,07
24	Полотно (арт. 208, полиэфир)	Каучук СКЭПТ+БК-1675Н	173,6	352,1	0,228	3,6
25	Саржа (арт. 5356, полиэфир)	Каучук СКТ	172,4	350,0	0,377	7,41
26	Саржа (арт. 8482, полиамид)	Каучук СКТ	208,8	370,0	0,386	6,25

Изготовленные образцы имели массу 1 м^2 – от 350 до 375 г, привес от покрытия составлял – от 172 до 209 г/м^2 . Меньшей жесткостью и наибольшей эластичностью (пластичностью) обладали образцы с покрытием на основе СКЭПТ+БК-1675Н и СКТ.

Для проведения испытаний на воздухопроницаемость выбраны образцы 6 (ткань арт. 8482+каучук СКУ-8ТБ+15% TiO_2); 16 (ткань арт. 208+каучук СКУ-8ТБ+15% TiO_2); 23 (ткань арт. 8482+каучук СКЭПТ+БК-1675Н); 24 (ткань арт. 208+каучук СКЭПТ+БК-1675Н), которые соответственно имели следующие показатели: 683,3; 20,9; 815,5; 3,60 $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$. Видно, что меньшей воздухопроницаемостью обладали образцы 16 и 24, которые изготовлены на производственном оборудовании. Результаты исследования их свойств (средние значения) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследования свойств тканепленочных материалов для баллонета, изготовленных на производственном оборудовании

Свойства	Значения свойств для материала состава	
	ткань арт. 208+каучук СКУ-8ТБ	ткань арт. 208+смесь каучуков СКЭПТ+БК-1675Н
Масса 1 м^2 , г	447,8	405,9
Разрывная нагрузка полоски ткани $50 \times 100 \text{ мм}$, кгс:		
– по основе	189	225
– по утку	261	178
Относительное удлинение при разрыве, %:		
– по основе	21	26
– по утку	27	21
Сопротивление раздиранию, кгс:		
– по основе	8,1	15,7
– по утку	7,0	17,5
Устойчивость к многократному изгибу при частоте перемещения нижнего захвата 270 мин^{-1} , число циклов до разрушения:		
– по основе	83700	48600
– по утку	155925	48600
Воздухонепроницаемость на приборе «Градовец» при избыточном давлении $0,05\text{--}0,15 \text{ кгс/см}^2$ в течение 60 мин	0,05 (не течет) 0,10 (не течет) 0,15 (не течет)	0,05 (течет)
Водородонепроницаемость, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$	1,22	Течет
Сохранение герметичности	Продолжительность, мин:	Давление, кПа/сохранение герметичности, %:
	0	212/100,00
	5	211/99,53
	10	210/99,06
	15	209/98,73

Результаты испытаний показали, что материал, изготовленный на основе полиэфирной ткани арт. 208 и полиуретанового каучука СКУ-8ТБ, имеет высокие прочностные показатели, устойчив к многократному изгибу, воздухопроницаем при избыточном давлении $0,05\text{--}0,15 \text{ кгс/см}^2$ в течение 60 мин.

Заключения

Проведенные исследования по разработке материала для надувных трапов (баллонетов) для аварийного покидания вертолета членами экипажа показали, что наилучший комплекс свойств имеет тканепленочный материал, изготовленный на основе полиэфирной ткани арт. 208 и полиуретанового каучука СКУ-8ТБ. На основе полученных

результатов материал рекомендован к опробованию в составе баллонета пневматического трапа для аварийного покидания кабины вертолета.

В дальнейшем исследования данного материала будут продолжены для подтверждения сохраняемости служебных характеристик при воздействии эксплуатационно-климатических факторов (повышенная температура, влажность, плесневые грибы, воздействие влажного тропического климата и др.) на его свойства, что является важным для материалов данного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // *Авиационные материалы и технологии*. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
2. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // *Вестник Российской академии наук*. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
3. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение // *Все материалы*. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.
4. Савенкова А.В., Чурсова Л.В., Елисеев О.А., Глазов П.А. Герметики авиационного назначения // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №3. С. 40–43.
5. Каблов Е.Н. России нужны материалы нового поколения // *Редкие земли*. 2014. №3. С. 8–13.
6. TSO-C69c. Technical Standard Order: publ. 18.08.1999. P. 1–20.
7. Нормы летной годности самолетов транспортной категории: АП-25; 3-е изд., с поправками 1–7: утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 11.12.2008. М.: Авиаиздат, 2014. 278 с.
8. Барботко С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №5. С. 431–439.
9. Нестерова Т.А., Барботько С.Л., Николаева М.Ф., Гертер Ю.А. Многослойный защитно-декоративный материал для декорирования деталей в салонах самолетов и вертолетов // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2013. №8. Ст. 04. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 11.07.2016).
10. Сытый Ю.В., Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Большаков В.А. Вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2013. №3. Ст. 06. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 11.07.2016).
11. Платонов М.М., Нестерова Т.А., Назаров И.А., Бейдер Э.Я. Пожаробезопасный материал на текстильной основе с полиуретановым покрытием для надувной оболочки спасательного трапа // *Авиационные материалы и технологии*. 2013. №2. С. 50–54.
12. Платонов М.М., Шульдешов Е.М., Нестерова Т.А., Сагомонова В.А. Акустические полимерные материалы нового поколения (обзор) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2016. №4. Ст. 09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 30.06.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-9-9.
13. Кукин Г.Н., Соловьева А.Н. Текстильное материаловедение. М.: Ленпромбытгиздат, 1985. С. 163–202.
14. Резниченко С.В. Большой справочник резинщика. М.: МАИ, 2012. Ч. 1: Каучуки и ингредиенты. С. 340–346.
15. Алифанов Е.В., Чайкун А.М., Венедиктова М.А., Наумов И.С. Особенности рецептур резин на основе этиленпропиленовых каучуков и их применение в изделиях специального назначения (обзор) // *Авиационные материалы и технологии*. 2015. №2 (35). С. 51–55. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-2-51-55.
16. Венедиктова М.А., Наумов И.С., Чайкун А.М., Елисеев О.А. Современные тенденции в области фторсилоксановых и силоксановых каучуков и резин на их основе (обзор) // *Авиационные материалы и технологии*. 2014. №3. С. 17–24. DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-S3-17-24.
17. Андрианова Г.П. Химия и технология полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. Ч. 2: Технологические процессы производства полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. С. 160–211.