



УДК 614.814.41

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-10-9-9

**ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО  
ТКАНЕПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОРОЖКИ  
СКОЛЬЖЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНОГО ТРАПА**

Т.А. Нестерова

М.М. Платонов

*кандидат химических наук*

Л.А. Шаракина

**Октябрь 2014**

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

Т.А. Нестерова<sup>1</sup>, М.М. Платонов<sup>1</sup>, Л.А. Шаракина<sup>1</sup>

## ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОГО ТКАНЕПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОРОЖКИ СКОЛЬЖЕНИЯ СПАСАТЕЛЬНОГО ТРАПА

*Представлены результаты исследования свойств тканепленочного материала марки ВРТ-10 для дорожки скольжения спасательного трапа, изготовленного на основе технической полиэфирной ткани с двухсторонним антипирированным покрытием и электропроводящим покрытием с лицевой стороны. Изучены влияние воздействия повышенной и пониженной температур, климатических воздействий на прочностные характеристики и проводимость материала. Проведенные исследования показали, что материал сохраняет >90% своих прочностных свойств после всех воздействий, кроме прочности при разрыве по утку после воздействия температуры 100°C в течение 200 ч (сохранение прочности 81,4%). Причем во многих случаях прочность материала фактически осталась без изменения. Показатель сопротивления раздиранью снижается после циклического перепада температур на 10–15% и возрастает после воздействия положительных температур. При непосредственном увеличении воздействия температуры происходит более значительное снижение прочности и удлинения при разрыве материала марки ВРТ-10. Однако остаточное значение прочности материала остается на высоком уровне. Величина электрического сопротивления тканепленочного материала ВРТ-10 изменяется незначительно, по горючести материал удовлетворяет требованиям АП-25 и классифицируется как самозатухающий.*

*Результаты исследований свойств тканепленочного материала марки ВРТ-10 в исходном состоянии и после климатических воздействий подтверждают его работоспособность при температурах от -60 до +80°C.*

**Ключевые слова:** многослойный материал, ткань с эластомерным покрытием, токопроводящая ткань, электропроводящая полимерная композиция, антипирированная полимерная композиция, горючесть, проводимость, прочность при разрыве, грибостойкость.

## EVALUATION OF PROPERTIES OF FIRE SAFETY FABRIC-FILM MATERIAL FOR EMERGENCY SLIDE

*Results of research of properties of VRT-10 fabric-film material for emergency slide, manufactured on a base of commercial polyether fabric with double-sided fireproof coating and electro-conducting coating from a face are presented. Influence of higher and lower temperature, climatic impacts on strength characteristics and conductivity of the material was studied. The carried out study showed that the material keeps more than 90% of its strength properties after all influences, except for weft breaking strength after 100°C temperature effect for 200 hours (81,4% preservation of strength). However, in many cases a strength of material remained actually without change. A tearing resistance characteristic decreases after a cyclic drop of temperatures for 10–15%, and increases after above-zero temperatures influence. At direct increase of temperature influence, more considerable decrease of strength and elongation at rupture of VRT-10 grade material takes place. However, a residual value of material strength remains at high level. The meaning of electrical resistance of VRT-10 fabric-film material changes slightly. As for combustibility the material meets the requirements of AP-25 and is classified as self-damping.*

*Results of study of VRT-10 fabric-film material properties in initial condition and after climatic influences confirm its workability at temperatures from -60 to +80°C.*

**Keywords:** *laminated material, fabric with elastomeric coating, conductive fabric, electro-conducting polymeric composition, fireproof polymeric composition, combustibility, conductivity, rupture strength, fungi-resistance.*

---

<sup>1</sup>Федеральное 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

Согласно данным статистики летных происшествий, одной из причин гибели людей на воздушном транспорте является пожар. Можно выделить три основные категории пожаров: на стоянке, в полете и вследствие аварийной посадки [1]. Поэтому одной из основных характеристик полимерных материалов, используемых в авиационной

технике, является пожаробезопасность, что отмечено и в других работах [2–3]. Для сведения к минимуму возможности возникновения пожара на борту авиационного судна, к материалам, применяемым на воздушных судах, предъявляются жесткие требования по пожаробезопасности.

Кроме того, для возможности быстрой эвакуации пассажиров и членов экипажа, в случае возникновения серьезной внештатной аварийной ситуации на земле, предусмотрено наличие надувных аварийных спасательных трапов. Необходимость их использования объясняется тем, что аварийные выходы располагаются на высоте ~3–5 м.

На материалы, применяемые для изготовления спасательных трапов (надувной оболочки и дорожки скольжения), распространяются требования международного технического стандарта TSO-C69с, включающие в себя нормы по пожаробезопасности, прочности, грибостойкости и другие [4].

В настоящее время на российских самолетах (Ту-154, Ил-62, Ил-86, Ту-214, Ил-96М, Ту-204) применяются отечественные спасательные средства на основе прорезиненных тканей или зарубежные материалы преимущественно с полиуретановым покрытием. Недостатками отечественных спасательных средств являются большая масса, несоответствие требованиям технического стандарта TSO-C69с по сохранению рабочего давления газа в надувной оболочке при воздействии теплового излучения мощностью  $1,7 \text{ Вт/см}^2$  в течение 180 с, горючести и/или электропроводимости (для дорожки скольжения) [4].

Зарубежные производители используют в качестве силовой основы материала оболочки спасательных трапов ткань из полиамида Nylon-6,6 (найлон), в качестве покрытия с лицевой стороны – композицию на основе алюминизированного полиэфируретана, а с внутренней стороны – на основе полиэфируретана с добавлением антипирена. Так, в качестве дорожки скольжения предлагается использовать многослойный материал, включающий тканевую основу с массой  $1 \text{ м}^2$  160 г, изготовленную из нейлоновой нити линейной плотностью 210 денье, и нанесенные на нее с обеих сторон слои покрытия на основе термореактивного полиуретанового эластомера, содержащие в качестве замедлителя горения антипирен в форме игольчатых кристаллов с длиной зерна  $\leq 100 \text{ мкм}$  и содержанием брома в количестве не менее чем 50%, а на внешнюю сторону материала нанесено покрытие, содержащее дополнительно алюминиевый порошок [5]. Известна также ткань, рекомендуемая к применению для дорожки скольжения аварийного трапа и обеспечивающая стекание статического электрического заряда, изготовленная на основе электропроводящих волокон и содержащая углеродные частицы [6].

Среди российских разработок следует отметить токопроводящую ткань, снижающую воздействие электромагнитного излучения, состоящую из переплетенных между собой основных и уточных электропроводных и электроизоляционных нитей [7]. Недостатком данной ткани является отсутствие полимерного покрытия и, как следствие, возможность ожогов от трения при скольжении по трапу, а также низкая устойчивость данного материала к стиранию.

Целью данной работы является проведение расширенных исследований свойств тканепленочного материала марки ВРТ-10, предназначенного для дорожки скольжения спасательного трапа в исходном состоянии, и исследование влияния старения на свойства материала.

### **Результаты**

В ранее представленных работах [8, 9] был обоснован выбор тканевой основы и состава полимерного покрытия, используемых при разработке тканепленочного материала для дорожки скольжения спасательного трапа. В данной статье представлены расширенные исследования свойств тканепленочного материала марки ВРТ-10 для дорожки скольжения, представляющего собой полимерный композиционный материал, изготовленный на основе технической ткани, с двухсторонним антипирированным покрытием и электропроводящим покрытием с лицевой стороны. В состав антипирированного покрытия входят каучук СКУ-8А, фторкаучук СКФ-32, наполнитель  $TiO_2$ , антипирены, а в состав электропроводящего покрытия – каучук СКУ-8А, фторкаучук СКФ-32 и углеродный наноструктурированный материал «Таунит-М». Использование углеродных наноматериалов в качестве проводящих веществ отражено и в других работах [10–12].

Для вулканизации полимерных систем использовали сшивающий агент – полиизоцианат.

В качестве основы материала ВРТ-10 выбрана полиэфирная ткань полотняного переплетения с поверхностной плотностью  $\sim 180 \text{ г/м}^2$ , разрывной нагрузкой по основе/утку соответственно 2410/2065 Н/50 мм или прочностью при разрыве 48,2/41,3 Н/см (по основе/по утку), удлинением при разрыве 23,3/16,9% (по основе/по утку).

Нанесение двухстороннего полимерного покрытия осуществлялось непосредственно на ткань послойно прямым способом из раствора полимерной композиции с промежуточной сушкой каждого сформированного слоя. Сначала формировали антипирированное покрытие на изнаночной стороне материала, затем – на лицевой до необходимого привеса, после этого на лицевую сторону наносили электропроводящее покрытие.

Температура сушки материала 120°C. Вулканизацию покрытия проводили на вулканизирующем каландрующем прессе «Бузулук» при температуре 160°C и скорости движения полотна 6 м/мин.

Определение технических характеристик материала ВРТ-10 и оценку его соответствия требованиям стандарта TSO-C69c проводили на партии материала, изготовленного на промышленном оборудовании.

Основными регламентирующими показателями, предъявляемыми к материалам для изготовления дорожки скольжения спасательного трапа, в соответствии с требованиями технического стандарта TSO-C69c, являются: прочность при разрыве по основе/по утку – не менее 340 Н/см; сопротивление раздиранию по основе/по утку – менее 89×89 Н/см; пожаробезопасность – пониженная горючесть в соответствии с требованиями 14 CFR §25.853(a), Приложение F, часть I (a) (1) (ii) от 6 марта 1995 г., max/FS 191a метод 5970; грибостойкость – материалы не должны поддерживать рост плесени; отсутствие статического электричества, т. е. материалы не должны накапливать статическое электричество. Кроме того, для всех материалов воздушных судов актуальна весовая эффективность материала, в данном случае материала дорожки скольжения – минимально возможная поверхностная плотность при сохранении других свойств.

Свойства материала ВРТ-10 в исходном состоянии представлены в табл. 1.

Видно, что тканепленочный материал марки ВРТ-10 в исходном состоянии отвечает требованиям стандарта TSO-C69c по прочностным характеристикам (прочности при разрыве) и имеет высокое значение нагрузки при раздирании.

Материал имеет низкое значение электрического сопротивления, которое не способствует образованию статического электричества в количестве, достаточном для получения искры, приводящей к опасности возникновения пожара.

Требования по горючести материалов, применяемых на воздушном судне, являются обязательными и отражены в отечественных авиационных правилах АП-25, Приложение F, часть 1, и требованиях FAR-25.

Результаты испытания материала ВРТ-10 на горючесть приведены в табл. 2.

Таблица 1

**Свойства тканепленочного материала ВРТ-10 в исходном состоянии (средние значения)**

Свойства	Значения свойств	
	по требованиям стандарта TSO-C69c	тканепленочного материала марки ВРТ-10
Масса 1 м <sup>2</sup> , г (ГОСТ 17073)	–	318
Разрывная нагрузка полоски размером 50×100 мм, Н (ГОСТ 17316–71):		
по основе	–	2568
по утку	–	1990
Удлинение при разрыве, % (ГОСТ 17316–71):		
по основе	–	26,5
по утку	–	23,3
Прочность при разрыве, Н/см (не менее):		
по основе	340	514
по утку	340	398
Сопротивление раздиранию, Н/см (не менее, ГОСТ 17074):	89×89	
по основе		98,8
по утку		84,6
Электрическое сопротивление (метод «квадрата»), Ом:	<10 <sup>7</sup> (исключение статического электричества)	
по основе		4,3·10 <sup>4</sup>
по утку		3,2·10 <sup>4</sup>
Гигроскопичность при φ=98% в течение 24 ч, %	–	0,6

Таблица 2

**Результаты испытания тканепленочного материала ВРТ-10 толщиной 0,29 мм на горючесть (средние значения)**

Направление вырезки образца	Продолжительность экспозиции в пламени газовой горелки, с	Продолжительность остаточного горения (тления), с	Длина обугливания, мм	Продолжительность горения капель, с	Классификация
По основе	12	1	135	Нет	Самозатухающий
По утку		2	127		
Допустимые значения		Не более 15	Не более 203	Не более 5	–

Проведенные исследования тканепленочного материала ВРТ-10 для дорожки скольжения спасательных трапов показали, что он удовлетворяет требованиям АП-25 по пожаробезопасности и классифицируется по ОСТ 1.900.94–79 как самозатухающий. Необходимая степень пожарной безопасности тканепленочного материала была достигнута благодаря использованию антипиренов в составе полимерного покрытия.

Большое значение для авиационных материалов, используемых при изготовлении средств спасения, имеет их устойчивость к воздействию микологической среды (грибостойкость). Оценку свойств материала ВРТ-10 на грибостойкость проводили после выдержки в течение 3 мес в средах: при влажности φ=98% и

$\phi=98\%$ +микологическая среда. Обрастание грибами составило 0–1 балл, что указывает на стойкость материала к микологической среде.

Согласно требованиям стандарта TSO-C69с, материалы, используемые для изготовления трапов, проходят испытания на воздействие: температуры  $\sim 67\text{--}73^\circ\text{C}$  в течение  $\geq 168$  ч и охлаждения при  $20\text{--}22^\circ\text{C}$  – не менее 16 и не более 96 ч; температуры  $\sim 56\text{--}60^\circ\text{C}$  в течение 50 дней. Материалы должны сохранять первоначальные физические свойства (по крайней мере на 90%) после испытаний на старение.

В данной работе проведены исследования свойств тканепленочного материала ВРТ-10 после следующих воздействий:

– теплового ресурса (ОСТ 6-10-422–78) при температурах:  $80^\circ\text{C}$  в течение 200 ч,  $100^\circ\text{C}$  в течение 100 и 200 ч;

– циклического перепада температур (ГОСТ 9.707–81) в течение 8 циклов (1 цикл:  $-60^\circ\text{C}$ , 1 ч+выдержка при комнатной температуре 0,5 ч+ $100^\circ\text{C}$ , 1 ч+выдержка при комнатной температуре 0,5 ч);

– тропической камеры (СТП 1-595-20-100–2002) в течение 1 и 3 мес по режиму: 8 ч при  $50^\circ\text{C}$ ,  $\phi=98\%+12$  ч при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\phi=98\%+4$  ч при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\phi=65\%$ .

Результаты испытания прочностных свойств материала ВРТ-10 после вышеперечисленных воздействий, а также после воздействия влажности ( $\phi=98\%$ ) и влажности ( $\phi=98\%$ )+микологическая среда приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Результаты определения прочностных свойств материала ВРТ-10 (средние значения)**

Вид климатического испытания, продолжительность воздействия	Прочность при разрыве, Н/см		Удлинение при разрыве, %		Сопротивление раздиранию, Н	
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
В исходном состоянии	514	398	26,6	23,3	98,8	84,6
После теплового воздействия при:						
$80^\circ\text{C}$ , 200 ч	465	403	31,1	25,5	122,0	91,9
$100^\circ\text{C}$ , 100 ч	501	400	32,1	25,2	122,4	96,2
$100^\circ\text{C}$ , 200 ч	512	324	33,6	21,8	119,0	93,4
После циклического перепада температур $-60\text{--}+100^\circ\text{C}$	470	424	37,2	23,7	88,5	75,2
После выдержки в тропической камере в течение, мес:						
1	516	426	29,4	27,4	122,8	103,1
3	494	426	40,9	29,5	206,1	203,7
После выдержки в течение 3 мес при:						
$\phi=98\%$	520	367	31,0	25,0	–	–
$\phi=98\%$ +микологическая среда	513	408	27,9	24,2	–	–

Значения сохранения прочности при разрыве материала ВРТ-10 представлены на рис. 1. Прочность материала в основном зависит от используемой под покрытие текстильной основы. В данном случае использовалась полиэфирная ткань. Такие ткани об-

ладают относительно высокой прочностью, большой долей обратимых деформаций, (особенно при малых нагрузках), высокой светостойкостью, низким влагопоглощением, хорошей термостойкостью. Существенное падение прочности ткани начинается после 180°C, температура плавления полиэфирных волокон составляет 218°C. При воздействии повышенных температур происходит размягчение волокон, снижение прочности ткани, но после охлаждения до 20°C прочность ткани восстанавливается. При действии отрицательных температур прочность таких тканей увеличивается, а удлинение уменьшается, при этом волокно не становится хрупким.

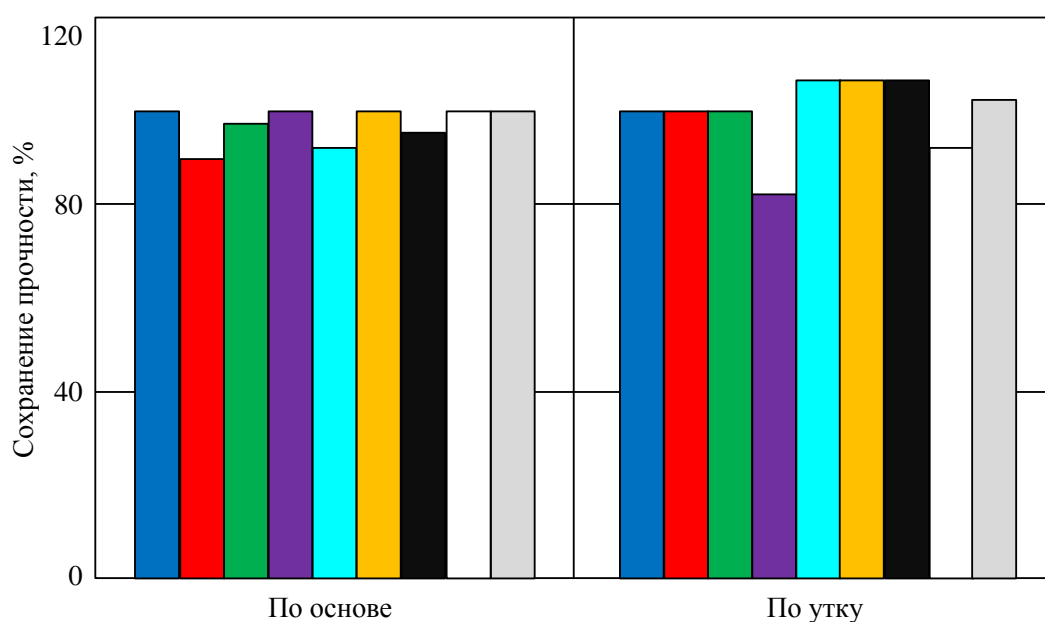


Рисунок 1. Сохранение прочности материала ВРТ-10 после воздействия климатических факторов: в исходном состоянии (■); 80°C, 200 ч (■); 100°C, 100 ч (■); 100°C, 200 ч (■); -60°C/+100°C (■); тропическая камера 1 (■) и 3 мес (■); выдержка в течение 3 мес при φ=98% (□) и φ=98%+микологическая среда (■)

Полученные в ходе испытаний результаты показали, что материал сохраняет >90% своих прочностных свойств после всех воздействий, кроме прочности при разрыве по утку после воздействия температуры 100°C в течение 200 ч (сохранение прочности 81,4%). Причем во многих случаях прочность материала фактически осталась без изменения с учетом того обстоятельства, что отечественные стандарты испытаний на тепловой ресурс проводятся в более жестких условиях.

Показатель сопротивления раздиранию снижается после циклического перепада температур на 10–15%, а возрастает после воздействия положительных температур.

Увеличение прочностных свойств материала можно объяснить присутствием в электропроводящем покрытии углеродных наноматериалов, что подтверждается и работами других авторов [11, 13].

Определено влияние непосредственного воздействия температуры на прочность материала. Сущность испытания заключалась в том, что образец выдерживали в течение 15 мин при непосредственном воздействии пониженной и повышенных температур, а затем при данных температурах разрывали. Результаты определения прочностных свойств материала приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Результаты определения прочностных свойств тканепленочного материала ВРТ-10 при непосредственном воздействии температур на образец в течение 15 мин**

Температура испытаний, °С	Прочность при разрыве, Н/см		Удлинение при разрыве, %	
	по основе	по утку	по основе	по утку
В исходном состоянии	514	398	26,5	23,3
-60	500	405	8,4	8,2
+80	332	306	9,0	8,0
+100	314	281	8,1	7,8
+120	298	271	8,7	8,6

Значения сохранения прочности материала ВРТ-10 представлены на рис. 2.

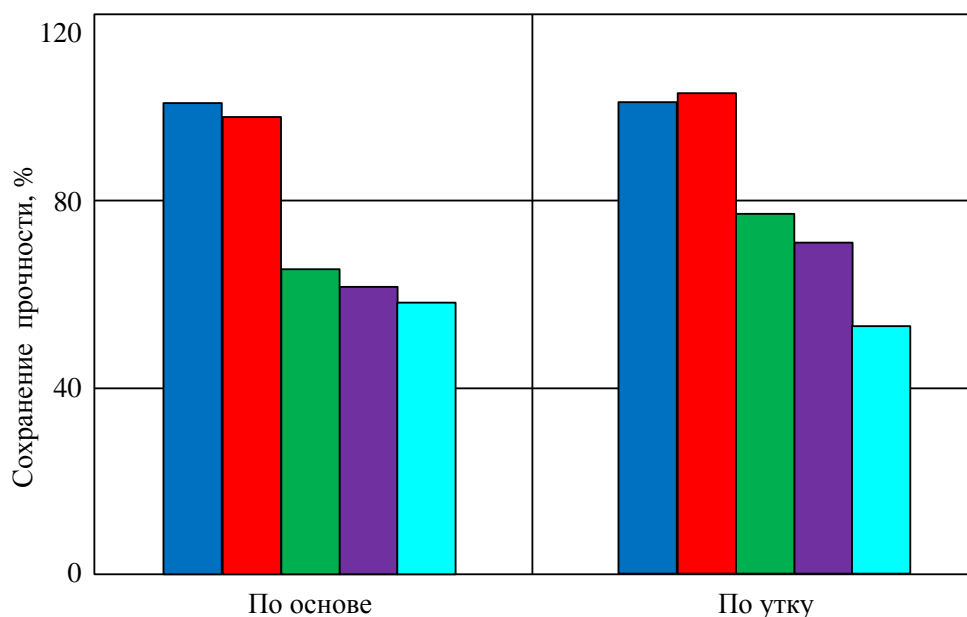


Рисунок 2. Сохранение прочности материала ВРТ-10 при непосредственном воздействии температуры: в исходном состоянии (■); -60°C (■); +80°C (■); +100°C (■); +120°C (■)

Расчетное время эвакуации пассажиров и членов экипажа 3 мин, в связи с этим время 15 мин относится к длительному воздействию температуры. За это время происходит размягчение волокон и, как следствие, снижение прочности ткани, что и показали результаты испытаний: с увеличением температуры происходит более значительное

снижение прочности и удлинения при разрыве материала ВРТ-10. Однако остаточное значение прочности материала остается на высоком уровне.

Измерение величины электрического сопротивления (при постоянном токе) образцов проводили на приборах: мультиметр цифровой АРРА-207 и тераомметр Е6-13 – методом «квадрата». Измерения проводятся с помощью квадратной колодки, представляющей собой неметаллическое основание из изолирующего материала, на которое крепятся латунные электроды, а сверху крепится груз. Электроды устанавливают на поверхность измеряемого материала и определяют их сопротивление постоянному току. Измерение проводят в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в продольном и поперечном) в каждой точке измерения. Результаты определения электрического сопротивления тканепленочного материала ВРТ-10 методом «квадрата» (СТП 1-595-19-362–2002) после воздействия климатических испытаний приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты определения электрического сопротивления (метод «квадрата») материала ВРТ-10 после климатических испытаний**

Вид климатического испытания, продолжительность воздействия	Электрическое сопротивление, Ом	
	по основе	по утку
После теплового воздействия при: 80°C, 200 ч 100°C, 100 ч 100°C, 200 ч	4,3·10 <sup>4</sup> –4,5·10 <sup>4</sup> 3,2·10 <sup>4</sup> –1,9·10 <sup>4</sup> 3,1·10 <sup>4</sup> –5,3·10 <sup>4</sup>	3,3·10 <sup>4</sup> –5,3·10 <sup>4</sup> 4,3·10 <sup>4</sup> –2,4·10 <sup>4</sup> 3,9·10 <sup>4</sup> –6,1·10 <sup>4</sup>
После циклического перепада температур -60±+100°C	2,3·10 <sup>4</sup> –6,1·10 <sup>4</sup>	3,3·10 <sup>4</sup> –3,9·10 <sup>4</sup>
После выдержки в тропической камере в течение, мес: 1 3	3,3·10 <sup>4</sup> –4,9·10 <sup>4</sup> 7,3·10 <sup>3</sup> –1,6·10 <sup>4</sup>	4,7·10 <sup>4</sup> –5,0·10 <sup>4</sup> 8,4·10 <sup>3</sup> –1,4·10 <sup>4</sup>

Видно, что величина электрического сопротивления изменяется незначительно.

Горючесть тканепленочного материала ВРТ-10 после воздействия климатических факторов не изменилась, материал соответствует требованиям 14 CFR §25.853(a), Приложение F, часть I (a) (1) (ii) от 6 марта 1995 г., max/FS 191a метод 5970, удовлетворяет требованиям АП-25 по пожаробезопасности и классифицируется как самозатухающий.

В табл. 6 приведены свойства зарубежных материалов-аналогов – арт. М-11673 фирмы Air Cruisers Company (США) и SFO-3305-6 фирмы Lamcotes (США), а также отечественного материала арт. 51-ЗТ-031 Барнаульского РТИ.

Таблица 6

**Сравнительные характеристики тканепленочных материалов для дорожки скольжения**

Свойства	Значения свойств				
	по требованиям стандарта TSO-C69c	тканепленочного материала ВРТ-10	материалов-аналогов		
			отечественного арт. 51-3Т-031	зарубежного	
			арт. М-11673*	№709**, SFO-3305-6	
Масса 1 м <sup>2</sup> , г (ГОСТ 17073)	–	317,8	275±25	322	298
Прочность при разрыве, Н/см (не менее):	340	514 398	400 380	887 779	618 1043
Сопротивление раздиранию, Н (не менее):	45	98,8 84,6	130,7 149,9	– –	168,6 180,6
Горючесть, классификация	Соответствовать требованиям 14 CFR §25.853(a), Приложение F, часть I (a) (1) (ii) от 6 марта 1995 г., max/FS 191a метод 5970	Самозатухающий	Сгорающий	Самозатухающий	Самозатухающий
Электрическое сопротивление (метод «квадрата»), Ом:	<10 <sup>7</sup> (токосъемный)	4,3·10 <sup>4</sup> 3,2·10 <sup>4</sup>	1,03 ≥10 <sup>7</sup>	– –	>4,7·10 <sup>7</sup> >4,7·10 <sup>7</sup>

\* По данным научной литературы.

\*\* По результатам испытаний.

По сравнению с применяемым в настоящее время отечественным материалом арт. 51-3Т-031 разработанный тканепленочный материал ВРТ-10 отвечает требованиям АП-25 Приложение F, Часть 1 по горючести, требованиям стандарта TSO-C69c по проводимости (электрическому сопротивлению) и имеет более высокое значение прочности (по основе – на 28,5%, по утку – на 4,7%).

Материал ВРТ-10 сопоставим по свойствам с аналогом – материалом фирмы Air Cruisers Company (США) арт. М-11673. Материал №709, SFO-3305-6 фирмы Lamcotec (США) по сравнению с материалом ВРТ-10 имеет меньшую массу 1 м<sup>2</sup>, более высокие прочностные показатели, но не отвечает требованиям стандарта TSO-C69c по электропроводимости.

При изготовлении спасательного трапа приклеивание дорожки скольжения из материала ВРТ-10 к надувной оболочке из материала ВРТ-9 [14] рекомендуется клеем холодного отверждения ВКР-96 [15, 16]. На клеевой шов с лицевой стороны кистью рекомендуется наносить два слоя теплоотражающего покрытия [17].

**Заключение**

Разработанный тканепленочный материал ВРТ-10 для дорожки скольжения спасательного трапа соответствует требованиям технического стандарта TSO-C69c и нормам

АП-25 по пожаробезопасности – горючести, проводимости, прочности и грибостойкости.

Результаты исследований свойств тканепленочного материала ВРТ-10 в исходном состоянии, после климатических и микологического воздействий, подтверждают его работоспособность при температурах от -60 до +80°C.

Авторы статьи выражают благодарность за помощь в работе инженерам II категории Ю.А. Гертер, И.А. Назарову.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирин К.М. Перспективные пожаробезопасные текстильные материалы для применения в гражданской авиации: Автореф. дис. к.т.н. М. 2004. 16 с.
2. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
3. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 431–439.
4. Technical Standard Order TSO-C69c; publ. 18.8.1999. P. 1–20.
5. Escape device for aircraft: pat. 5542629 JP; publ. 06.08.1996.
6. Escape slides: pat. 1442711 GB; publ. 14.07.1974.
7. Токопроводящая ткань: пат. 2354766 Рос. Федерация; опубл. 10.05.2009.
8. Нестерова Т.А., Платонов М.М., Назаров И.А., Гертер Ю.А. Пожаробезопасный тканепленочный материал для дорожки скольжения спасательного трапа //Труды ВИАМ. 2014. №6. Ст. 11 (viam-works.ru).
9. Многослойный материал для спасательных средств: пат. 2502605 Рос. Федерация; опубл. 27.12.2013.
10. Лысенко В.А., Сальникова А.А., Михалчан А.А. Углерод-фторполимерные композиты: повышение электропроводности //Химические волокна. 2012. №1. С. 41–44.
11. Ларионов С.А., Деев И.С., Петрова Г.Н., Бейдер Э.Я. Влияние углеродных наполнителей на электрофизические, механические и реологические свойства полиэтилена //Труды ВИАМ. 2013. №9. Ст. 04 (viam-works.ru).
12. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
13. Экстрин Я.И., Бадамшина Э.Р., Грищук А.А., Кулагина Г.С., Лесничая В.А., Ольхов Ю.А., Рябенко А.Г., Сульянов С.Н. Свойства нанокompозитов на основе сшитого эластомерного полиуретана и ультрамалых добавок однослойных углерод-

- ных нанотрубок //Высокомолекулярные соединения. 2012. Сер. А. Т. 54. №4. С. 568–577.
14. Платонов М.М., Назаров И.А., Нестерова Т.А., Бейдер Э.Я. Тканепленочный материал ВРТ-9 для надувной оболочки авиационных спасательных трапов //Труды ВИАМ. 2013. №5. Ст. 05 (viam-works.ru).
15. Тюменева Т.Ю., Когтёнков А.С., Лукина Н.Ф., Чурсова Л.В. Успехи в области разработки клеев и технологий для изготовления резинотехнических изделий авиационного назначения //Клеи. Герметики. Технологии. 2013. №10. С. 7–10.
16. Тюменева Т.Ю., Когтёнков А.С., Лукина Н.Ф., Чурсова Л.В. Влияние наполнителей на свойства клеев резинотехнического назначения //Труды ВИАМ. 2014. №4. Ст. 05 (viam-works.ru).
17. Полимерная теплоотражающая композиция для покрытия: пат. 2467042 Рос. Федерация; опубл. 07.06.2011.

#### REFERENCES LIST

1. Kirin K.M. Perspektivnyye pozharobezopasnyye tekstil'nyye materialy dlja primeneniya v grazhdanskoj aviacii [Prospective fireproof textile materials for use in civil aircraft]: Avtoref. dis. k.t.n. M. 2004. 16 s.
2. Kablov E.N. Strategicheskie napravleniya razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions of development of materials and technologies to process them for the period up to 2030] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 7–17.
3. Barbot'ko S.L. Pozharobezopasnost' aviacionnyh materialov [Flammability of Aircraft Materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 431–439.
4. Technical Standard Orbler TSO-C69c; pabl. 18.8.1999. P. 1–20.
5. Escape device for aircraft: pat. 5542629 JP; pabl. 06.08.1996.
6. Escape slides: pat. 1442711 GB; pabl. 14.07.1974.
7. Tokoprovodjashhaja tkan' [Conductive fabric]: pat. 2354766 Ros. Federacija; opubl. 10.05.2009.
8. Nesterova T.A., Platonov M.M., Nazarov I.A., Gerter Ju.A. Pozharobezopasnyj tkaneplenochnyj material dlja dorozhki skol'zhenija spasatel'nogo trapa [Tkaneplenochny fireproof material for sliding track rescue ladder] //Trudy VIAM. 2014. №6. St. 11 (viam-works.ru).

9. Mnogoslojnyj material dlja spasatel'nyh sredstv [Multi-layer material for life-saving appliances]: pat. 2502605 Ros. Federacija; opubl. 27.12.2013.
10. Lysenko V.A., Sal'nikova A.A., Mihalchan A.A. Uglerod-ftorpolimernye kompozity: povyshenie jelektroprovodnosti [Carbon-fluoropolymer composites: increase the electrical conductivity] //Himicheskie volokna. 2012. №1. S. 41–44.
11. Larionov S.A., Deev I.S., Petrova G.N., Bejder Je.Ja. Vlijanie uglerodnyh napolnitelej na jelektrofizicheskie, mehanicheskie i reologicheskie svojstva polijetilena [Influence of carbon fillers on the electrical, mechanical and rheological properties of polyethylene] //Trudy VIAM. 2013. №9. St. 04 (viam-works.ru).
12. Kablov E.N. Himija v aviacionnom materialovedenii [Chemicals in aviation materials] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 3–4.
13. Jekstrin Ja.I., Badamshina Je.R., Grishhuk A.A., Kulagina G.S., Lesnichaja V.A., Ol'hov Ju.A., Rjabenko A.G., Sul'janov S.N. Svojstva nanokompozitov na osnove sshitogo jelastomernogo poliuretana i ul'tramalyh dobavok odnoslojnyh uglerodnyh nanotrubok [Properties of nanocomposites based on crosslinked elastomeric polyurethane and ultra supplements of single-walled carbon nanotubes] //Vysokomolekuljarnye soedinenija. 2012. Ser. A. T. 54. №4. S. 568–577.
14. Platonov M.M., Nazarov I.A., Nesterova T.A., Bejder Je.Ja. Tkaneplenochnyj material VRT-9 dlja naduvnoj obolochki aviacionnyh spasatel'nyh trapov [Tkaneplenochny material VRT-9 inflatable shell aviation rescue ladders] //Trudy VIAM. 2013. №5. St. 05 (viam-works.ru).
15. Tjumeneva T.Ju., Kogtjonkov A.S., Lukina N.F., Chursova L.V. Uspehi v oblasti razrabotki kleev i tehnologij dlja izgotovlenija rezinotehnicheskikh izdelij aviacionnogo naznachenija [Progress in the development of adhesives and technologies for the manufacture of rubber products for aircraft industry] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2013. №10. S. 7–10.
16. Tjumeneva T.Ju., Kogtjonkov A.S., Lukina N.F., Chursova L.V. Vlijanie napolnitelej na svojstva kleev rezinotehnicheskogo naznachenija [Effect of fillers on the properties of rubber-purpose adhesives] //Trudy VIAM. 2014. №4. St. 05 (viam-works.ru).
17. Polimernaja teplootrazhajushhaja kompozicija dlja pokrytija [Polymer heat-reflecting coating composition]: pat. 2467042 Ros. Federacija; opubl. 07.06.2011.