



УДК 677.4

**ТКАНЕПЛЕНОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ВРТ-9 ДЛЯ
НАДУВНОЙ ОБОЛОЧКИ АВИАЦИОННЫХ
СПАСАТЕЛЬНЫХ ТРАПОВ**

М.М. Платонов

И.А. Назаров

Т.А. Нестерова

Э.Я. Бейдер

кандидат технических наук

Май 2013

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.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Труды ВИАМ»,
№5, 2013 г.

М.М. Платонов, И.А. Назаров, Т.А. Нестерова, Э.Я. Бейдер

ТКАНЕПЛЕНОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ВРТ-9 ДЛЯ НАДУВНОЙ ОБОЛОЧКИ АВИАЦИОННЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ ТРАПОВ*

Разработан материал ВРТ-9 для надувной оболочки авиационных спасательных трапов. Материал ВРТ-9 представляет собой ткань из волокна СВМ с двухсторонним полиуретановым покрытием, содержащим антипирены. С лицевой стороны материала нанесен защитный теплоотражающий слой. Изучены физические, физико-механические свойства материала и горючесть как в исходном состоянии, так и после воздействия климатических факторов. По свойствам разработанный материал отвечает требованиям международного технического стандарта TSO-C69c и нормам АП-25 по пожаробезопасности.

Ключевые слова: ткани с эластомерным покрытием, самозатухающие материалы, ткань СВМ, надувные трапы.

M.M. Platonov, I.A. Nazarov, T.A. Nesterova, E.Ya. Beider

MEMBRANOUS TISSUE MATERIAL VRT-9 FOR INFLATABLE SHELL OF RESCUE LADDER

Material VRT-9 for inflatable shell of aviation rescue ladders has been designed. It consists of cloth/tissue from hyper high modulus fabric with double-sided polyurethane coating, containing retardants. There is a protecting heat reflective layer on the front side of the material. Physical and mechanical properties and combustibility as well as in initial state and after climate factors' influence have been investigated. Developed material properties satisfy requirements of international technical standard TSO-C69c and norms of Aviation Rules (AP-25) with it's fire safety.

Key words: fabric materials with elastomeric coating, self-extinguishing materials, hyper high modulus fabric, inflatable shell, rescue ladder.

* Работа выполнена при участии Н.Е. Маловой, И.И. Бычковой.

Согласно статистическим данным, одной из причин гибели людей при летных происшествиях является пожар, возникающий вследствие аварийного приземления воздушного судна. Для быстрой и безопасной эвакуации пассажиров необходимо наличие спасательных надувных трапов, имеющих достаточную пропускную способность и гарантирующих безотказную работу на протяжении всего периода эвакуации. Федеральной Авиационной Администрацией (FAA) установлены технические стандарты TSO, регламентирующие минимальные технические требования, предъявляемые к материалам, изделиям и приборам, используемым на гражданских воздушных судах. На спасательное оборудование (трапы и надувные плоты) распространяются требования технического стандарта TSO-C69c.

В настоящее время на российских пассажирских самолетах эксплуатируются спасательные надувные трапы на основе отечественных резинотканевых материалов. Данные материалы имеют ряд существенных недостатков: высокая поверхностная плотность при минимальных прочностных характеристиках, несоответствие требованиям стандарта TSO-C69c по стойкости к тепловому потоку [1].

Таким образом, разработка отечественных материалов для надувной оболочки аварийно-спасательного трапа, отвечающих требованиям технического стандарта TSO-C69c, является актуальной задачей. Важно отметить, что разработка тканепленочных материалов входит в стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года [2].

Предварительный анализ отечественной и зарубежной литературы, посвященной созданию материалов, используемых для надувных спасательных средств, показал, что в качестве материалов тканевой основы оболочки спасательного трапа наиболее применимы полиамид (Nylon-6,6) [3–8], полиэфир (лавсан) [9–10], полиарамид [11] или их комбинации [12]. Как правило, в качестве полимерного покрытия используют композицию на основе полиуретанового эластомера [6, 8], что обеспечивает высокие характеристики газонепроницаемости, прочности и износостойкости.

В качестве основы материала ВРТ-9 выбрана ткань из волокна СВМ, имеющая поверхностную плотность $\sim 70 \text{ г/м}^2$, прочность при разрыве 637/664 Н/см (по основе/по утку), удлинение при разрыве 8,8/9,5% (по основе/по утку). Ткань из волокон СВМ наиболее оптимальна с точки зрения массы, горючести и прочностных характеристик [13].

Покрытие для материала выполнено на основе полиуретанового каучука для придания материалу свойств пожаробезопасности, в состав полимерной композиции

введены антипирены [14]. Для вулканизации системы добавлен сшивающий агент полиизоцианат [15].

Технология изготовления материала основана на нанесении раствора полимерной композиции тонкими штрихами на тканевую основу шириной 95 см с последующей сушкой образца после каждого слоя. Состав наносят на техническую ткань с двух сторон до общей массы 1 м^2 230–240 г таким образом, чтобы соотношение по привесу между лицевой и изнаночной стороной варьировалось как 1:(2–3). С целью обеспечения устойчивости материала к тепловому потоку (одно из условий технического стандарта TSO-C69с) с лицевой стороны нанесено теплоотражающее покрытие до общего привеса 258 г/м^2 . Далее материал вулканизуют при повышенной температуре и давлении.

Для определения технических характеристик материала и оценки соответствия требованиям стандарта TSO-C69с проведено изучение физических и физико-механических свойств разработанного материала.

Физические свойства тканепленочного материала ВРТ-9 для надувной оболочки спасательного трапа:

Масса 1 м^2 , г (ГОСТ 17073–71)	258
Толщина, мм (ГОСТ 17073–71)	0,180
Стойкость к воздействию теплового потока $1,7 \text{ Вт/см}^2$, с (ММ 1.595-20-363–2008)	≥ 900
Газопроницаемость по водороду, л/($\text{м}^2 \cdot \text{сут}$) (М 38-59-629–2007)	1,06
Гигроскопичность, % (ГОСТ 3816-47)	1,8.

Согласно требованиям стандарта TSO-C69с, газопроницаемость по водороду должна быть не более $10 \text{ л/}(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$, стойкость к тепловому потоку мощностью $1,7 \text{ Вт/см}^2$ (сохранение герметичности при избыточном давлении в условиях теплового излучения) – не менее 180 с. Таким образом, физические свойства разработанного материала существенно превосходят необходимые минимальные требования, установленные стандартом. Высокие барьерные свойства материала обеспечены благодаря использованию в покрытии полиуретанового каучука, обладающего низкими значениями газопроницаемости [16, 17], и многократному нанесению тонких штрихов полимерной композиции на ткань (перекрывают дефекты предыдущих слоев). Устойчивость к тепловому потоку обеспечивает теплоотражающее покрытие.

Механические характеристики материала ВРТ-9 для надувной оболочки спасательного трапа при различных температурах приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Механические свойства тканепленочного материала ВРТ-9 для надувной оболочки
спасательного трапа при различных температурах**

Характеристика	Значения характеристики при температуре, °С			
	-60	+20	+100	+120
Прочность при разрыве, Н/см (ГОСТ 17316–71):				
по основе	823	703	587	623
по утку	916	866	734	707
Относительное удлинение, % (ГОСТ 17316–71):				
по основе	5,4	6,9	4,4	5,2
по утку	5,6	7,6	5,1	5,1
Сопrotивление раздиранию, Н (ГОСТ 17074–71):				
по основе	148			
по утку	139,2			

Технический стандарт TSO-C69с также регламентирует прочностные характеристики материалов для надувных спасательных средств: прочность при разрыве должна быть не менее 330 Н/см. Сопоставление механических свойств материала и минимальных требований стандарта показывает существенный запас прочности материала ВРТ-9 в температурном диапазоне от -60 до +120°С. Высокие механические характеристики материала обеспечены благодаря применению сверхпрочной ткани из волокон СВМ. Кроме того, ткани СВМ более термостойкие и менее горючие в сравнении с полиэфирными и полиамидными тканями. К недостаткам данных тканей можно отнести их высокую стоимость.

Другой важной характеристикой авиационных материалов является их пониженная пожарная опасность [18–21], в частности горючесть. Методика испытания и необходимые требования к материалам по горючести описаны в АП-25 (Приложение F, Часть 1). Результаты испытания материала ВРТ-9 на горючесть приведены в табл. 2.

Таблица 2

Испытание тканепленочного материала ВРТ-9 для надувной оболочки спасательного трапа на горючесть согласно АП-25 (Приложение F, Часть 1)

Направление вырезки образца	Продолжительность экспозиции в пламени горелки, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина обугливания, мм	Классификация
		средние значения		
По основе	12	1	135	Самозатухающий
По утку	12	2	127	

На основании результатов проведенных испытаний материал классифицируется как самозатухающий, что позволяет применять его на воздушных судах. Необходимая степень пожарной безопасности тканепленочного материала достигнута при использовании антипиренов в составе полимерной композиции покрытия и применения в качестве основы ткани из волокон СВМ, имеющей высокое значение кислородного индекса [22].

Для определения возможности эксплуатации изделий из материала ВРТ-9 в различных климатических условиях проведены испытания основных характеристик материала после воздействия соответствующих климатических факторов (табл. 3).

Таблица 3

Основные физические и физико-механические свойства тканепленочного материала ВРТ-9 после воздействия климатических испытаний (2–5*)

Свойства	Значения свойств после испытаний				
	1	2	3	4	5
Стойкость к воздействию теплового потока 1,7 Вт/см ² , с (ММ 1.595-20-363–2008)	≥900				
Газопроницаемость по водороду, л/(м ² ·сут) (М 38-59-629–2007)	1,06	0,84	2,2	0,97	0,74
Прочность при разрыве, Н/см (ГОСТ 17316–71):					
по основе	703	678	752	787	624
по утку	866	794	873	862	724
Относительное удлинение, % (ГОСТ 17316–71):					
по основе	6,9	6,1	6,6	7,1	4,5
по утку	7,6	6,6	6,0	6,1	6,2
Сопротивление раздиранию, Н (ГОСТ 17074–71):					
по основе	148,0	149,6	188,9	171,6	176,0
по утку	139,2	169,6	171,6	148,6	149,2
Горючесть по АП-25 (Приложение F, Часть 1)	Самозатухающий				

*1 – в исходном состоянии; 2 – после теплового ресурса в течение 100 ч при 100°C (ОСТ 6-10-422–78); 3 – после теплового ресурса в течение 200 ч при 100°C (ОСТ 6-10-422–78); 4 – после воздействия циклического перепада температур -60±+100°C в течение 8 циклов (ГОСТ 9.707–81); 5 – после испытания в тропической камере в течение 3 мес по режиму: 8 ч при 50°C, φ=98%; 12 ч при 20°C, φ=98%; 4 ч при 20°C, φ=65% (СТП 1-595-20-100–2002).

Таким образом, показано, что материал ВРТ-9, отвечает требованиям технического стандарта TSO-C69с и АП-25 по горючести как в исходном состоянии, так и после воздействия климатических факторов.

Для сравнения изучены свойства зарубежного аналога – тканепленочного материала арт. М-11849-5 фирмы «Air Cruisers Company» (США) и отечественного материала арт. 8-238 Уфимского ЗЭМИК (табл. 4).

Таблица 4

**Сравнительные характеристики тканепленочных материалов
для надувной оболочки спасательного трапа**

Характеристика	Значения характеристик			
	по требованиям TSO-C69с	ВРТ-9	зарубежного аналога – материала арт. М-11849-5	отечественного аналога – материала арт. 8-238
Масса 1 м ² , г	–	258	262	440
Прочность при разрыве, Н/см:				
по основе	330	703	724,4	360
по утку	330	866	582,7	350
Стойкость к тепловому потоку 1,7 Вт/см ² , с	≥180	≥900	≥180	Не соответствует
Газопроницаемость по водороду, л/(м ² ·сут)	≤10	1,06	Соответствует	
Горючесть	Самозатухающий			

В сравнении с применяемым в настоящее время отечественным материалом арт. 8-238 разработанный тканепленочный материал ВРТ-9 с теплоотражающим покрытием в 1,7 раза более легкий, при этом в 2 раза более прочный, кроме того, отвечает требованиям международного стандарта TSO-C69с по стойкости к тепловому потоку мощностью 1,7 Вт/см². Ткань ВРТ-9 в сравнении с зарубежным аналогом – материалом арт. М-11673 фирмы «Air Cruisers Company» (США) – сопоставим по уровню свойств.

Разработанный тканепленочный материал ВРТ-9 соответствует требованиям технического стандарта TSO-C69с, нормам АП-25 по пожаробезопасности и рекомендован к опробованию для изготовления надувной оболочки спасательных трапов пассажирских самолетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирин К.М. Перспективные пожаробезопасные текстильные материалы для применения в гражданской авиации: Автореф. канд. технич. наук. М. 2004. 16 с.
2. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» /В сб. Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии») М.: ВИАМ. 2012. С. 7–17.
3. Pat. 4723628 US. Оpubл. 09.02.1988.
4. Pat. 4519782 US. Оpubл. 28.05.1985.
5. Pat. 4714637 US. Оpubл. 22.12.1987.
6. Pat. 6536715 US. Оpubл. 25.03.2003.
7. Pat. 4233102 US. Оpubл. 11.11.1980.
8. Pat. 4332049 US. Оpubл. 11.11.1980.
9. Pat. 2006029759 US. Оpubл. 09.02.2006.
10. Пат. 2068892 Рос. Федерация. Оpubл. 10.11.1996.
11. Pat. 5393595 US. Заявл. 28.02.1995.
12. Pat. 4274526 US. Оpubл. 23.01.1981.
13. Мусина Т.К., Волохина А.В. и др. Полиимидные и арамидные волокна и нити со специальными свойствами и изделия на их основе //В мире оборудования. 2010. №2. С. 4–8.
14. Chattopadhyay D.K., Webster D.S. Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes //Progress in Polymer Science. 2009. V. 34. №10. P. 1068–1133.
15. Кондрашов Э.К., Козлова А.А., Малова Н.Е. Исследование кинетики отверждения фторполиуретановых эмалей алифатическими полиизоцианатами различных типов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 48–49.
16. Левант М.Г., Пономарев П.А. Создание отечественных материалов для изготовления оболочек воздухоплавательных комплексов //Полет. 2008. №12. С. 57–60.
17. Sadeghi M., Semsaradeh M.A., Barikani M., Ghalei B. Study on the morphology gas permeation property of polyurethane membranes //J. of Membrane Science. 2011. V. 385–386. P. 76–85.
18. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов /В сб. Авиационные материалы и технологии: Юбилейный науч.-технич. сб. (приложение к журналу «Авиационные материалы и технологии»). М.: ВИАМ. 2012. С. 431–439.

19. Барботько С.Л., Кириллов В.Н., Шуркова Е.Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения //Авиационные материалы и технологии. 2012. №3. С. 56–63.
20. Барботько С.Л., Голиков Н.И. О комплексной оценке пожарной опасности материалов //Пожаровзрывобезопасность. 2008. Т. 17. №6. С. 16–24.
21. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н. Вольный О.С., Скрылев Н.С. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 56–59.
22. 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.