

М.М. Платонов¹, Т.А. Нестерова¹, И.А. Назаров¹, Э.Я. Бейдер¹

ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ НАДУВНОЙ ОБОЛОЧКИ СПАСАТЕЛЬНОГО ТРАПА*

Разработан материал для надувной оболочки спасательного трапа. В качестве основы использована ткань из высокопрочных полиамидобензимидазольных волокон (СВМ); покрытие представляет собой отвержденную полимерную композицию на основе полиуретанового каучука. Полученный материал является пожаробезопасным, обладает поверхностной плотностью 250 ± 5 г/м², имеет высокие прочностные характеристики на разрыв по основе/утку: 780/710 Н/см, водородопроницаемость 0,5 л/(м²·сут). Свойства разработанного материала отвечают требованиям международного технического стандарта TSO-C69с.

Ключевые слова: тканевые материалы с эластомерным покрытием, самозатухающие материалы, ткань СВМ, полиуретаны, антипирены.

М.М. Platonov¹, Т.А. Nesterova¹, I.A. Nazarov¹, E.Ya. Beider¹

FABRIC-BASED FIREPROOF MATERIAL WITH POLYURETHANE COATING FOR INFLATABLE SHELL OF RESCUE LADDER

Material for inflatable shell of rescue ladder has been developed. Fabric made from high – strength polyamidobenzimidazol fibers is used as the base and cured polymeric composition of polyurethane rubber serves as coating. The obtained material is fireproof; its surface density is 250 ± 5 g/cm². It has high mechanical characteristics: breaking tenacity of warp/weft – 780/710 N/cm, water permeability 0.5 l/(m²·24 hours). Properties of the developed material satisfy requirements of international technical standard TSO-C69с.

Keywords: fabric materials with elastomeric coating, self-extinguishing materials, hyper high modulus fabric, polyurethanes, fire retardants.

¹ 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

Для обеспечения быстрой и безопасной эвакуации людей из салона пассажирского самолета необходимо наличие аварийно-спасательных 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, процессам и приборам, используемым на гражданских воздушных судах. На спасательное оборудование, трапы и надувные плоты распространяются требования международного технического стандарта TSO-C69с.

В настоящее время на российских пассажирских самолетах эксплуатируются спасательные надувные трапы на основе отечественных резинотканевых и дорогостоящих зарубежных материалов с полиуретановым покрытием (табл. 1) [1].

* В работе принимала участие И.И. Бычкова.

**Материалы для оболочек аварийных трапов, использующихся
на российских пассажирских самолетах**

Материал	Изготовитель	Марка трапа (марка самолета)	Структура	Поверхностная плотность, г/м ²	Разрывная нагрузка, Н/см (основа/уток)
Арт. 30 (ТУ 38 105993–86)	ОАО «ЯрославРезино-Техника»	Трап ТН-2 (Ту-154, Ил-62)	Основа: полиамидная ткань арт. 56026 (165 г/м ²) – 2 слоя. Покрытие: каучук СКБ	555–600	430/400
Арт. 51-3Т-030 (ТР 51-50211–84)	Барнаульский РТИ	Трап ПТЛ-400 (Ан-124)	Основа: полиамидная ткань арт. 56026 (165 г/м ²), перкаль. Покрытие: каучук СКЭПТ-30	475	400/380
Арт. 8-238 (ТУ 38 305158–82)	Уфимский ЗЭМИК	Трап ТНД (Ил-86)	Основа: полиамидная ткань арт. 56026 (165 г/м ²). Покрытие: СКЭПТ-30	440	360/350
Арт. 8-170 (ТУ 38 1051900–89)	Уфимский ЗЭМИК	Трап ТНО-3 (Ту-214)	Основа: полиэфирная ткань арт. 56341 (78 г/м ²) – 2 слоя. Покрытие: СКДСРМ-10	280	350/350
Арт. М-12040	«Air Cruisers Company» (США)	Трап P/N 65600-101 (Бе-200)	Основа: полиамидная (Nylon 6.6) ткань (142 г/м ²). Покрытие: полиуретан	275	750/840
Арт. М-11849-5	«Air Cruisers Company» (США)	Трап P/N 63681 (Бе-200)	Основа: полиамидная (Nylon 6.6) ткань (140 г/м ²). Покрытие: полиуретан	262	720/580

Согласно представленным данным, показатель прочности на разрыв материалов для оболочек аварийных трапов фирмы «Air Cruisers Company» приблизительно в 2 раза выше аналогичного показателя у отечественных материалов, при этом поверхностная плотность зарубежных материалов существенно ниже. Исследования данных материалов на пиковое значение интенсивности тепловыделения и кислородный индекс также показывают преимущества зарубежных материалов с точки зрения пожаробезопасности: полная величина выделяемого тепла отечественных материалов в 2–4 раза выше, а значения кислородного индекса – ниже на 3–5% [1].

Таким образом, разработка отечественного материала для оболочек аварийного трапа, отвечающего требованиям технического стандарта TSO-C69c и по характеристикам, сопоставимым с лучшими зарубежными аналогами, представляется весьма актуальной задачей.

Целью данной работы являлась разработка полимерного композиционного материала на тканевой основе с эластомерным покрытием для оболочек надувных аварийных трапов воздушных судов, отвечающего требованиям стандарта TSO-C69c, правилам АП-25 по горючести (т. е. самозатухающего), имеющего поверхностную плотность ≤ 270 г/м².

Анализ отечественной и зарубежной литературы в области создания материалов, используемых для надувных спасательных средств, показал:

- в качестве тканевой основы наиболее применимы полиамид (Nylon 6.6) [2–7], полиэфир (лавсан) [8–9], полиарамид [10] или их комбинация [11];
- наиболее эффективным является двухстороннее полимерное покрытие на основе полиуретанового эластомера [5, 7].

Таким образом, на основании литературных данных в качестве основы были выбраны синтетические ткани из полиэфирных, полиамидных и полиамидобензимида-

зольных волокон (СВМ). Основные физико-механические свойства выбранных тканей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства технических тканей

Технические ткани	Поверхностная плотность, г/м ²	Средняя прочность при разрыве, Н/см		Среднее удлинение при разрыве, %	
		основа	уток	основа	уток
Полиэфирная	125	338	299,4	26,8	27,8
Полиамидная	154	442,6	372	39,7	38,7
На основе волокна СВМ	70	637,2	664,0	8,8	9,5

Данные ткани характеризуются необходимыми прочностными характеристиками и невысокой поверхностной плотностью. В сравнении с полиамидной и полиэфирной тканью, ткань из волокон СВМ имеет преимущества по прочности, термостойкости, кислородному индексу. К недостаткам ткани СВМ можно отнести ее высокую стоимость и низкое относительное удлинение.

Известны термопластичные [12] и реактопластичные полиуретановые эластомеры. В качестве полимерной матрицы покрытия были выбраны реактопластичные полиуретановые каучуки СКУ-8А и СКУ-8ТБ, поскольку вулканизаты на их основе обладают высокими характеристиками износостойкости, прочности, газонепроницаемости. Для придания материалу свойств пожаробезопасности [13] в состав полимерной композиции были введены антипирены. В рамках работы опробованы антипирирующие агенты разной химической природы: галогенсодержащие, сурьмасодержащие, соли меламина. Для вулканизации каучука в композицию был введен сшивающий агент полиизоцианат (ПИЦ).

Технология изготовления материала основана на нанесении раствора полимерной композиции тонкими штрихами на тканевую основу с последующей сушкой образца после каждого слоя [14]. Далее материал вулканизуют в прессе при повышенной температуре и давлении [15].

Для полученных материалов была определена поверхностная плотность [16] и проведены испытания на горючесть (пожароопасность) [17], разрывную нагрузку [18], водородопроницаемость [19].

На первом этапе исследовано влияние антипиренов (антипирены введены в количестве суммарно 50% (по массе) по отношению к каучуку) в составе полимерного покрытия на горючесть материалов (табл. 3).

Установлено, что образцы тканепленочных материалов на основе каучука СКУ-8А с фосфатом меламина на тканевой основе из полиэфира и СВМ; трехокисью сурьмы на тканевой основе из СВМ, тетрабромдифенилпропаном на тканях из полиэфира и полиамида, смеси трехокиси сурьмы и декабромдифенилоксида на основе из лавсана, капрона, СВМ и образцы на основе каучука СКУ-8ТБ со смесью трехокиси сурьмы и декабромдифенилоксида на основе из СВМ имеют массу 1 м² в пределах 230–268 г/м² и соответствуют требованиям АП-25 по горючести (самозатухающие). Наиболее эффективным антипиреном оказалась система, состоящая из трехокиси сурьмы и декабромдифенилоксида, вследствие проявления эффекта синергизма [20].

На втором этапе исследовано влияние состава полимерного покрытия на механические свойства (разрывная нагрузка и удлинение при разрыве) полученных на первом этапе самозатухающих тканепленочных материалов (табл. 4).

**Влияние антипиренов в составе полимерной композиции
на горючесть образцов тканепленочных материалов**

Каучук	Антипирен	Масса 1 м ² , г	Классификация горючести
<i>Основа – полиэфирная ткань (125 г/м²)</i>			
СКУ-8А	Цианурат меламина	258	Сгорающий
	Фосфат меламина	264	Самозатухающий
	Тетрабромдифенилпропан	259	-«-
	Нафтан 04	263	Сгорающий
	Трехокись сурьмы	265	-«-
	Декабромдифенилоксид	264	-«-
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	261	Самозатухающий
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	259	Сгорающий
СКУ-8ТБ	Трехокись сурьмы	266	-«-
	Декабромдифенилоксид	264	-«-
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	251	-«-
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	259	-«-
<i>Основа – полиамидная ткань (154 г/м²)</i>			
СКУ-8А	Цианурат меламина	260	Сгорающий
	Фосфат меламина	257	-«-
	Тетрабромдифенилпропан	258	Самозатухающий
	Нафтан 04	258	Сгорающий
	Трехокись сурьмы	264	-«-
	Декабромдифенилоксид	260	-«-
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	254	Самозатухающий
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	256	Сгорающий
СКУ-8ТБ	Трехокись сурьмы	262	-«-
	Декабромдифенилоксид	254	-«-
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	253	-«-
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	260	-«-
<i>Основа – ткань из волокна СВМ (70 г/м²)</i>			
СКУ-8А	Цианурат меламина	260	Сгорающий
	Фосфат меламина	263	Самозатухающий
	Тетрабромдифенилпропан	259	Сгорающий
	Нафтан 04	256	-«-
	Трехокись сурьмы	268	Самозатухающий
	Декабромдифенилоксид	257	Сгорающий
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	248	Самозатухающий
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	254	Сгорающий
СКУ-8ТБ	Трехокись сурьмы	245	-«-
	Декабромдифенилоксид	253	-«-
	Трехокись сурьмы + декабромдифенилоксид	230	Самозатухающий
	Трехокись сурьмы + фосфат меламина	248	Сгорающий

Результаты механических испытаний самозатухающих тканепленочных материалов оценивались в сравнении с аналогичными показателями исходных тканевых основ из лавсана, капрона, СВМ. Установлено, что природа антипирена в составе полимерного покрытия оказывает заметное влияние на прочностные характеристики тканевых основ. Возможно, влияние на прочность тканевых основ связано со способностью некоторых антипиренов или продуктов их термического разложения взаимодействовать с макромолекулами волокон ткани. Так, фосфат меламина и тетрабромдифенилпропан при нагревании (например, в процессе вулканизации материала) частично диспропорционируют с выделением фосфорной кислоты и бромоводорода соответственно. В свою очередь, полиэтилентерефталат (полимер волокон полиэфирной ткани), полимерная цепь которого включает реакционноспособные в кислых условиях сложноэфирные группы, под действием сильных кислот частично разрушается, что подтверждается

экспериментально снижением разрывной нагрузки материалов. В отличие от полиэфира, полиамиды, в особенности полиамидобензимидазол (полимер волокон СВМ), значительно более устойчивы по отношению к кислотам. В связи с этим наличие в полимерном покрытии фосфата меламин не снижает прочности волокон, наоборот, наблюдается повышение разрывной нагрузки материала благодаря дополнительной связке волокон полимерной композицией. По этой же причине, вероятнее всего, происходит снижение относительного удлинения при разрыве.

Таблица 4

Физико-механические свойства образцов самозатухающих тканепленочных материалов

Каучук	Антипирен	Масса 1м ² , г	Средняя прочность при разрыве, Н/см		Среднее удлинение при разрыве, %	
			основа	уток	основа	уток
<i>Основа – полиэфирная ткань (125 г/м²)</i>						
СКУ-8А	Фосфат меламин	260	257	248	15	17
	Тетрабромдифенилпропан	259	327	250	16	18
	Трехокись сурьмы + +декабромдифенилоксид	259	367	295	20	24
<i>Основа – полиамидная ткань (154 г/м²)</i>						
СКУ-8А	Тетрабромдифенилпропан	260	440	361	28	22
	Трехокись сурьмы + +декабромдифенилоксид	256	481	421	35	34
<i>Основа – ткань из волокна СВМ (70 г/м²)</i>						
СКУ-8А	Фосфат меламин	257	729	665	6	5
	Трехокись сурьмы	249	792	710	6	5
	Трехокись сурьмы + +декабромдифенилоксид	248	780	707	9	6
СКУ-8ТБ	Трехокись сурьмы + +декабромдифенилоксид	235	773	708	6	5

На примере материалов, соответствующих требованиям прочности стандарта TSO-C69c (разрывная нагрузка по основе и утку – не менее 330 Н/см), была изучена газопроницаемость образцов тканепленочных материалов по водороду.

Водородопроницаемость материалов на основе волокон СВМ в разы ниже: 0,5–1,5 л/(м²·сут), чем проницаемость материалов на основе полиамидной ткани: 5–6 л/(м²·сут). Вероятнее всего, разница в проницаемостях связана с привесом полимерного покрытия, которое и обеспечивает барьерные свойства.

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

- из ряда выбранных тканевых основ под полимерное покрытие – полиэфирная, полиамидная, из волокон СВМ – наиболее оптимальной, с точки зрения массы, горючести и прочностных характеристик, является ткань из волокна СВМ;
- в качестве полимерной матрицы для полимерного покрытия могут быть использованы полиуретановые каучуки марок СКУ-8А и СКУ-8ТБ;
- из ряда использованных в полимерном покрытии антипиренов: галогенсодержащих, сурьмасодержащих, солей меламин – наилучший эффект огнезащиты создает система декабромдифенилоксид + трехокись сурьмы;
- химическая природа антипиренов в составе полимерного покрытия оказывает существенное влияние на прочностные характеристики полиэфирной ткани и практически не влияет на прочностные характеристики полиамидной и полиарамидной тканей;
- разработан состав и технология получения нового пожаробезопасного материала, обладающего поверхностной плотностью 250±5 г/м², имеющего высокие прочностные характеристики на разрыв по основе/утку: 780/710 Н/см, водородопроницаемость: 0,5 л/(м²·сут);

– материал может быть использован для создания надувной оболочки спасательного трапа: свойства материала соответствуют АП-25 и требованиям стандарта TSO-C69с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирин К.М. Перспективные пожаробезопасные текстильные материалы для применения в гражданской авиации: Автореферат на соискание ученой степени канд. технич. наук. Москва. 2004. 16 с.
2. Пат. 4723628 US; опубл. 09.02.1988. The B.F. Goodrich Company.
3. Пат. 4519782 US; опубл. 28.05.1985. The B.F. Goodrich Company.
4. Пат. 4714637 US; опубл. 22.12.1987. The B.F. Goodrich Company.
5. Пат. 6536715 US; опубл. 25.03.2003. Air Cruisers Company.
6. Пат. 4233102 US; опубл. 11.11.1980. The B.F. Goodrich Company.
7. Пат. 4332049 US; опубл. 11.11.1980. The B.F. Goodrich Company.
8. Пат. 2006029759 US; опубл. 09.02.2006. Warwick Mills Inc.
9. Пат. 2068892 Рос. Федерация; опубл. 10.11.1996.
10. Пат. 5393595 US; опубл. 28.02.1995. Royaders Didier.
11. Пат. 4274526US; опубл. 23.01.1981. The B.F. Goodrich Company.
12. Петрова Г.Н., Перфилова Д.Н., Грязнов В.И., Бейдер Э.Я. Термопластичные эластомеры для замены резин //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 302–308.
13. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 431–439.
14. Нестерова Т.А., Изотова Т.Ф., Николаева М.Ф., Бейдер Э.Я., Буцких А.Д. Разработка защитно-декоративного материала «Полиплекс» /В сб.: Авиационные материалы и технологии. Вып. «Термопластичные материалы». М.: ВИАМ. 2004. С. 28–30.
15. Патент 2443820 С1. Рос. Федерация; опубл. 27.02.2012.
16. ГОСТ 17073–71. Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м². М.: Изд-во стандартов. 1971. 4 с.
17. Авиационные правила, Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории, Приложение F. М.: Авиаиздат. 2004.
18. ГОСТ 17316–71. Кожа искусственная. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. М.: Изд-во стандартов. 1972. 11 с.
19. Методика испытаний М 38-59-629–2007. Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Метод определения водородопроницаемости на техническом устройстве типа ПВПТ. НИИРП. 2007. 10 с.
20. Дик Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания. СПб: НОТ. 2010. 620 с.

REFERENS LIST

1. Kirin K.M. Perspektivnye požarobezopasnye tekstil'nye materialy dlja primenenija v grazhdanskoj aviacii [Perspective fireproof textile materials for application in civil aviation]: Avtoreferat na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehnic. nauk. Moskva. 2004. 16 s.
2. Pat. 4723628 US; opubl. 09.02.1988. The B.F. Goodrich Company.
3. Pat. 4519782 US; opubl. 28.05.1985. The B.F. Goodrich Company.
4. Pat. 4714637 US; opubl. 22.12.1987. The B.F. Goodrich Company.
5. Pat. 6536715 US; opubl. 25.03.2003. Air Cruisers Company.
6. Pat. 4233102 US; opubl. 11.11.1980. The B.F. Goodrich Company.
7. Pat. 4332049 US; opubl. 11.11.1980. The B.F. Goodrich Company.
8. Pat. 2006029759 US; opubl. 09.02.2006. Warwick Mills Inc.
9. Pat. 2068892 Ros. Federacija; opubl. 10.11.1996.

10. Pat. 5393595 US; opubl. 28.02.1995. Royaders Didier.
11. Pat. 4274526US; opubl. 23.01.1981. The B.F. Goodrich Company.
12. Petrova G.N., Perfilova D.N., Grjaznov V.I., Bejder Je.Ja. Termoplastichnye jela-stomery dlja zameny rezin [Thermoplastic elastomers for replacement of rubbers] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 302–308.
13. Barbot'ko S.L. Pozharobezopasnost' aviacionnyh materialov [Fire-safety of aviation materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 431–439.
14. Nesterova T.A., Izotova T.F., Nikolaeva M.F., Bejder Je.Ja., Buckih A.D. Razrabotka zashhitno-dekorativnogo materiala «Polipleks» [Development of the protective and decorative material "Polipleks"] /V sb.: Aviacionnye materialy i tehnologii. Vyp. «Ter-moplastichnye materialy». M.: VIAM. 2004. S. 28–30.
15. Patent 2443820 C1. Ros. Federacija; opubl. 27.02.2012.
16. GOST 17073–71. Kozha iskusstvennaja. Metod opredelenija tolshhiny i massy 1 m² [Skin artificial. Method of determination of thickness and weight of 1 m²]. M.: Izd-vo standartov. 1971. 4 s.
17. Aviacionnye pravila, Chast' 25. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj katego-rii [Aviation rules, Part 25. Standards of the flight validity of planes of transport catego-ry], Prilozhenie F. M.: Aviaizdat. 2004.
18. GOST 17316–71. Kozha iskusstvennaja. Metod opredelenija razryvnoj nagruzki i ud-linenija pri razryve [Skin artificial. Method of definition of explosive loading and lengthening at a gap]. M.: Izd-vo standartov. 1972. 11 s.
19. Metodika ispytanij M 38-59-629–2007. Tkani s rezinovym ili plastmassovym pokryti-em. Metod opredelenija vodorodopronicaemosti na tehničeskom ustrojstve tipa PVPT [Fabrics with a rubber or plastic covering. Method of definition of water-tightness on the technical PVPT device]. NIIRP. 2007. 10 s.
20. Dik Dzh.S. Tehnologija reziny: recepturostroenie i ispytanija [Technology of rubber: formulary structure and tests]. SPb: NOT. 2010. 620 s.