

УДК 536.46

*С.Л. Барботько<sup>1</sup>, Т.А. Нестерова<sup>1</sup>, О.А. Кириенко<sup>1</sup>, О.С. Вольный<sup>1</sup>*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГОРЮЧЕСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-3-12-12

*Проведены исследования по оценке влияния некоторых внешних воздействующих эксплуатационно-климатических факторов на характеристики горючести для нескольких видов текстильных материалов. Показано влияние тепловлажностных воздействий на изменение регистрируемых характеристик пожарной безопасности.*

**Ключевые слова:** *пожарная безопасность, горючесть, текстильные материалы, старение, воздействие факторов климата, срок службы.*

*Researches on impact assessment of some external influencing operational and climatic factors on combustibility characteristics for several types of textile materials are conducted. Influence of thermal-humidity factors on change of registered characteristics of fire safety is shown.*

**Keywords:** *fire safety, flammability, textile materials, aging, influence of climatic factor, service life.*

---

<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

Одной из важнейших составляющих, обеспечивающих научно-технический прогресс в современном мире, является материаловедение и, в частности, создание новых полимерных материалов [1–3]. Полимерные материалы по сравнению с металлами обладают рядом преимуществ (меньшая плотность, неподверженность коррозии), но одновременно имеют и некоторые недостатки – климатическое старение, пожароопасность [4, 5]. При производстве современной авиационной техники доля полимеров может достигать 50–70% от общей массы изделия, а так как самолеты являются одними из наиболее топливозагруженных изделий, в которых в относительно малом объеме сосредоточено большое количество людей, то проблемы обеспечения пожарной безопасности авиационной техники являются одними из важнейших [6–8].

Согласно действующим авиационным нормам [9], контроль характеристик пожарной безопасности осуществляется только для исходных материалов, влияние старения вследствие действия факторов климата или эксплуатации оценивается только для прочностных характеристик. Поскольку полимерные материалы до недавнего времени использовались преимущественно во внутренней отделке, то значения воздействующих факторов эксплуатации полагались незначительными и изменение характеристик пожарной безопасности вследствие их воздействия практически не учитывалось [10, 11].

В последнее время полимерные материалы все шире используются в качестве конструкционных, в том числе и для изготовления деталей внешнего контура авиационной техники. Доля полимерных композиционных материалов (ПКМ) в общей массе изделий современной гражданской авиационной техники в настоящее время достигает 20–50%, а для образцов военной техники может достигать 70% [12]. В связи с этим пренебрегать воздействием факторов климата и эксплуатации на изменение характеристик пожарной опасности становится невозможно. В ряде работ показано влияние некоторых климатических и эксплуатационных факторов (повышенная температура,

влажность, перепады температуры) на характеристики пожарной безопасности типовых ПКМ конструкционного назначения [11, 13].

Требования по пожарной безопасности, предъявляемые к полимерным материалам, зависят как от функционального назначения материала, так и от назначения самого изделия [14]. Одними из наиболее жестких норм по пожарной безопасности, предъявляемым к материалам, являются авиационные правила. История развития требований пожарной безопасности к авиационным материалам отражена в работах [15, 16]. Наиболее распространенным методом оценки свойств авиационных полимерных материалов является метод определения воспламеняемости под воздействием внешнего малокалорийного источника пламени (в авиационной отрасли используется термин «метод определения горючести»).

Используемые в авиационной технике материалы должны быть рассчитаны на длительные сроки эксплуатации, причем в течение всего заданного срока службы они должны сохранять значения своих характеристик на уровне не ниже предельно допустимых.

### Материалы и методы

В данной работе проведена оценка воздействия некоторых эксплуатационных факторов (повышенная температура; химические реактивы, используемые для химической чистки и стирки) на сохранность характеристик пожарной безопасности текстильных материалов авиационного назначения.

Исследовано влияние следующих видов климатических и эксплуатационных факторов:

- тропического влажного климата;
- ускоренной имитации хранения в условиях отапливаемого и неотапливаемого склада;
- теплового воздействия;
- химической чистки;
- стирки.

#### *Воздействующие факторы*

*Имитация влажного тропического климата.* Суточные испытания имитируют 1 сут экспозиции в условиях тропической зоны. Образцы помещают в специальную климатическую камеру (камера тропического климата), для которой задается регламентированный переменный тепловлажностный режим:

- температура  $+50\pm 5^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $98\pm 2\%$  в течение 8 ч;
- температура  $+20\pm 5^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $98\pm 2\%$  в течение 12 ч;
- температура  $+20\pm 5^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $50\pm 10\%$  в течение 4 ч.

Общая продолжительность экспозиции образцов составляет 90 суточных циклов (3 мес).

*Имитация хранения в условиях отапливаемого и неотапливаемого склада* осуществляется для условий умеренно холодного климата (УХЛ) по следующим режимам:

- температура  $+60^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $80\pm 2\%$  в течение 24 сут (1 цикл испытаний моделирует 1 год хранения в условиях отапливаемого помещения);
- температура  $+60^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $80\pm 2\%$  в течение 24 сут; температура  $-60^\circ\text{C}$  в течение 6 ч; температура  $+20\pm 20^\circ\text{C}$  по 1 ч в течение 8 циклов (1 цикл испытаний моделирует 1 год хранения в условиях неотапливаемого помещения).

*Тепловое старение* материалов вследствие воздействия повышенных температур в течение запланированного срока службы (тепловой ресурс) проводится в течение заданного периода (100, 500 или 1000 ч) при заданной температуре (60, 70, 80 или  $100^\circ\text{C}$ ).

*Химическая чистка* осуществляется в растворе перхлорэтилена по режиму: температура раствора  $+22^\circ\text{C}$ , продолжительность чистки 20–30 мин, температура сушки  $+(50-60)^\circ\text{C}$ , максимальная температура при глажении  $+(80-100)^\circ\text{C}$ .

*Стирка* осуществляется в водном растворе с использованием синтетических моющих средств по режиму: температура моющего раствора  $+(40-60)^{\circ}\text{C}$ , продолжительность стирки – от 15 до 30 мин, промывка холодной водой, сушка.

Испытанные текстильные материалы различались по химическому составу и назначению. В ходе работы оценивали сохраняемость пожаробезопасности по степени изменения характеристик горючести, определяемых в соответствии с изложенным в АП-25 (Приложение F, часть I) и ОСТ 1 90094–79 методом. Характеристики оценивали по результатам испытаний образцов текстильных материалов как в исходном состоянии, так и после воздействия различных факторов климата и эксплуатации. Сущность метода заключается в воздействии на вертикально расположенный образец снизу малокалорийного источника воспламенения (пламени лабораторной газовой горелки) и определении продолжительности остаточного (самостоятельного) горения образца после удаления источника воспламенения и максимальной длины прогорания (поврежденной части). Испытания по определению горючести проводили при продолжительности экспозиции в пламени горелки в течение 12 с. Испытания образцов текстильных материалов проводили как по утку, так и по основе ткани (по три параллельных испытания образцов для каждой ориентации). За результаты испытаний принимали наилучшее среднее значение одной из двух ориентаций.

### Результаты

Полученные результаты по оценке влияния эксплуатационно-климатических факторов на характеристики горючести текстильных материалов представлены в таблице.

Для текстильного материала на основе полиэфирных волокон марки 2002-ПЗ после воздействия таких эксплуатационных факторов, как стирка или химическая чистка (по 1 циклу) зарегистрировано существенное (в 1,5 раза) увеличение длины прогорания, изменения продолжительности остаточного горения не зафиксировано. Видимо, под воздействием этих факторов происходит некоторое изменение структуры ткани (вследствие чего возрастает длина прогорания), но введенный в состав химического волокна антипирен не удаляется, поэтому продолжительность самостоятельного горения не увеличивается.

Видно, что для материала марки АИ-О1 из шерстяной пряжи с огнезащитной пропиткой даже сравнительно щадящая химическая чистка приводит к ухудшению характеристики остаточного горения и увеличению длины прогорания. Видимо, химическая чистка приводит к частичному вымыванию огнезащитной пропитки. Характеристики горючести после одного цикла химической чистки остаются в допустимых пределах. Во время эксплуатации декоративно-отделочные материалы должны многократно подвергаться режимам стирки или химической чистки, поэтому для этого материала нельзя гарантировать сохранение регламентированных характеристик в течение всего заданного срока службы, необходим периодический контроль за сохранением характеристик в течение всего срока эксплуатации.

Тепловое воздействие может оказывать влияние на изменение характеристик горючести. Вследствие длительного старения (500 ч) при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  для огнезащитной смесовой ткани (шерсть с лавсаном) наблюдается небольшое увеличение продолжительности остаточного горения при сохранении длины прогорания на прежнем уровне. Видимо, данное тепловое воздействие приводит к некоторому изменению химического состава огнезащитной добавки, вследствие чего меняется ее эффективность.

Для материала «Форум» тепловое воздействие ( $80^{\circ}\text{C}$  в течение 500 ч) приводит к некоторому (на ~30%) увеличению длины прогорания при сохранении продолжительности остаточного горения на том же уровне.

**Влияние эксплуатационных и климатических факторов  
на регистрируемые характеристики горючести**

Наименование (состав)	Воздействующие факторы	Характеристики горючести		
		продолжительность остаточного горения, с	длина прогорания, мм	
Ткань портьерная марки 2002-ПЗ (полиэфир)	В исходном состоянии	1	58	
	После химической чистки	1	73	
	После стирки	1	75	
Ткань обивочная марки АИ-О1 (шерсть с огнеза- щитной пропиткой)	В исходном состоянии	2	44	
	После химической чистки	6	65	
Ткань декоративная «Людмила» (шерсть с ог- незащитной пропиткой, капрон)	В исходном состоянии	1	38	
	После теплового старения при 70°C в течение 500 ч	3	34	
	После выдержки в тропической камере в течение 3 мес	50	Полностью	
Материал декоративный облицовочный «Форум» (полиэфирная ткань с фторполимерным покры- тием)	В исходном состоянии	5	120	
	Имитация хранения в условиях отапливаемого склада в течение:	одного года	4	130
		двух лет	7	145
		трех лет	7	130
	Имитация хранения в условиях неотапливаемого склада в течение:	одного года	4	130
		двух лет	5	140
		трех лет	6	130
	После теплового старения при 60°C в течение, ч:	500	6	110
		1000	5	130
	После теплового старения при 80°C в течение 500 ч	7	115	
Материал облицовочный марки АНЗМс (хлопчато- бумажная ткань с антипи- рированным нитроцеллю- лозным покрытием)	В исходном состоянии	2	132	
	После теплового старения при 100°C в течение 100 ч	3	142	
Предельно допустимые значения		Не более 15	Не более 203	

Для материала марки АНЗМс тепловое старение при 100°C в течение 100 ч практически не сказывается на регистрируемых характеристиках горючести.

В результате воздействия климатических факторов, характерных для режимов хранения в условиях складов, установлено некоторое снижение пожаробезопасности после 3 лет хранения для материала «Форум».

Комбинированное тепловлажностное воздействие, имитирующее суточный ход температуры и влажности в условиях влажных тропиков, на материалы, имеющие огнезащитную пропитку, может привести к полной потере свойств по пожаробезопасности. Всего 3 мес воздействия тропического климата привели к тому, что образцы из ткани «Людмила» стали сгорающими и при испытаниях распространяли пламя по всей поверхности образца.

### Заключение

Для исследованных образцов текстильных материалов установлено изменение характеристик горючести вследствие воздействия различных эксплуатационно-климатических факторов (повышенная температура, имитация тепловлажностного режима влажного тропического климата, стирка, химическая чистка).

В зависимости от вида и величины воздействующего фактора, химической природы материала степень влияния на изменение характеристик горючести различна.

Таким образом, показано, что внешние воздействующие факторы, даже характерные для материалов внутренней отделки, могут оказывать существенное влияние на характеристики пожарной безопасности и при допуске материалов в эксплуатацию необходим контроль не только исходных характеристик, но и оценка степени их сохранности в течение всего заданного срока службы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
2. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.
3. 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.
4. Кириллов В.Н., Старцев О.В., Ефимов В.А. Климатическая стойкость и повреждаемость полимерных композиционных материалов, проблемы и пути решения // Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 412–423.
5. Barbotko S.L. Ways of providing fire safety of aviation materials // Russian Journal of General Chemistry. 2011. V. 81. №5. P. 1068–1074.
6. Барботько С.Л., Кириллов В.Н., Шуркова Е.Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения // Авиационная промышленность. 2013. №2. С. 55–58.
7. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 431–439.
8. 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.
9. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории /АП-25 редакция 3 с поправками 1–6. ОАО Авиаиздат. 2009. 274 с.
10. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н., Вольный О.С., Скрылёв Н.С. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники // Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 56–59.
11. Скрылёв Н.С., Вольный О.С., Постнов В.И., Барботько С.Л. Исследование влияния тепловых факторов климата на изменение характеристик пожаробезопасности полимерных композиционных материалов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №9. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 15.07.2015).
12. Pickett B.M., Dierdorf D.S., Wells S.P. Firefighting and emergency response study of advanced composites aircraft. Objective 2: Firefighting Effectiveness of Technologies and Agents on Composite Aircraft Fires // Air force research laboratory materials and manufacturing directorate AFRL-RX-TY-TR-2011-0047. 2012. 36 p.
13. Скрылёв Н.С., Вольный О.С., Абрамов Д.В., Шуркова Е.Н. Исследование влияния тепловлажностных факторов на изменение характеристик пожарной безопасности ПКМ, подверженных климатическим воздействиям // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. №7. Ст. 12. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 15.07.2015). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-7-12-12.
14. Барботько С.Л., Вольный О.С., Кириенко О.А., Луценко А.Н., Шуркова Е.Н. Сопоставление методов оценки пожарной опасности полимерных материалов в различных отраслях транспорта и промышленности // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. №1. С. 2–9.
15. Барботько С.Л. Требования авиационных норм и методы оценки пожарной безопасности авиационных материалов: история, современное состояние и перспективы развития // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014. №3. С. 23–33.
16. Барботько С.Л. Пожарная опасность, методы оценки и требования к материалам для изготовления внешнего контура авиационной техники // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2014. №4. С. 6–15.