

С. Л. БАРБОТЬКО, канд. техн. наук, начальник лаборатории "Исследование неметаллических материалов на климатическую, микробиологическую стойкость и пожаробезопасность", Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17; e-mail: slbarbotko@yandex.ru)

О. С. ВОЛЬНЫЙ, ведущий инженер лаборатории "Исследование неметаллических материалов на климатическую, микробиологическую стойкость и пожаробезопасность", Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17)

О. А. КИРИЕНКО, канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории "Исследование неметаллических материалов на климатическую, микробиологическую стойкость и пожаробезопасность", Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17)

Е. Н. ШУРКОВА, инженер 2-й категории лаборатории "Исследование неметаллических материалов на климатическую, микробиологическую стойкость и пожаробезопасность", Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), ГНЦ РФ (Россия, 105005, г. Москва, ул. Радио, 17)

УДК 614.841.345:629.7.042.2

ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПОЖАРООПАСНОСТЬ.

Часть 2. Испытания на горючесть. Влияние продолжительности экспозиции пламенем горелки

Проведены исследования по влиянию продолжительности экспозиции пламенем при испытании образцов полимерных материалов и сотовых панелей на характеристики горючести (длина прогорания, продолжительность остаточного самостоятельного горения) и проанализированы полученные данные. Показано, что при 60-секундной экспозиции длина прогорания во всех случаях больше, чем при 12-секундной. Показано также, что для толстых материалов (толщиной более 3 мм) продолжительность остаточного самостоятельного горения при 60-секундной экспозиции, как правило, больше, чем при 12-секундной. Однако для тонких материалов (толщиной до 1 мм) при 12-секундной экспозиции она может быть больше, чем при 60-секундной. Установлено, что для тонких материалов недопустимо применение правила о поглощении результатов 12-секундных испытаний 60-секундными.

Ключевые слова: горючесть; остаточное горение; длина прогорания; полимерный композиционный материал; сотовая панель; толщина образца.

Введение

Первой и одной из основных характеристик, определяющих безопасность и допустимость применения материала в отделке авиационной техники, является горючесть. Данное требование было введено в зарубежные и отечественные авиационные нормы в конце 60-х – начале 70-х годов XX века [1, 2]. За истекший период методики проведения испытаний совершенствовались, менялись и объекты испытания [1, 3–5]. История и перспективы развития методов оценки пожарной безопасности материалов и элементов конструкций авиационного назначения подробно описаны в [6–8].

В связи с развитием науки и совершенствованием используемых технологий идет постоянная разработка новых материалов, способных обеспечить

комфорт и безопасность авиапассажиров на новом уровне [9–14].

Требования по обеспечению пожаробезопасности предъявляются ко всем изделиям авиационной техники: очень легким самолетам (Авиационные правила АП-ОЛС), легким самолетам, в том числе спортивной и акробатической категории (АП-23), транспортным самолетам (АП-25), легким вертолетам (АП-27), транспортным вертолетам (АП-29), двигателям для авиационной техники (АП-33). Наиболее жесткие требования по пожарной безопасности материалов предъявляются к гражданским самолетам транспортной категории (АП-25 [15]).

В зависимости от функционального назначения материала в изделии к нему предъявляются соответствующие требования по допустимым характерис-

тикам горючести. Это касается как методики проведения испытаний (ориентация образца, длительность экспозиции пламенем горелки), так и допустимых значений по высоте прогорания и продолжительности остаточного горения падающих капель.

Основные пункты Авиационных правил, перечисленных выше, в которых изложены требования по пожарной безопасности материалов, следующие: п. 853 – внутренняя отделка кабин; п. 854 – пожарная защита туалетов; п. 855 – грузовые и багажные отсеки; п. 856 – тепловая/акустическая изоляция; п. 869 – пожарная защита систем.

Определение характеристик горючести авиационных материалов проводится в соответствии с методиками, изложенными в АП-25 [15] (Приложение F, часть I “Критерии и процедуры испытаний для показа соответствия параграфу 25.853 или 25.855 и 25.856”^{*}). В пункте (а) данной части изложены критерии оценки и их допустимые значения:

“(а) Критерии испытаний материалов.

(1) Внутренние отсеки, занимаемые экипажем или пассажирами:

(i) панели облицовки потолка и стен, перегородки, конструкция буфета, стенки больших шкафов, настилы конструкций, а также материалы, используемые в конструкции отсеков для размещения (за исключением отсеков под креслами и для хранения небольших предметов, например журналов и карт), должны быть самозатухающими при испытаниях в вертикальном положении согласно соответствующим пунктам части I настоящего Приложения. Средняя длина обугливания не должна превышать 152 мм, а средняя продолжительность горения после удаления источника воспламенения не должна превышать 15 с. Отделяющиеся от испытываемого образца капли не должны гореть после падения в среднем более 3 с;

(ii) покрытия пола, текстильные материалы (в том числе драпировка и обивка), подушки кресел, набивка, декоративные и недекоративные ткани с покрытием, кожа, материалы тележек и буфетов, изоляционные трубки электропроводов, воздухопроводы, покрытия соединений и выступов, облицовка грузовых или багажных отсеков классов В и Е, панели пола грузовых и багажных отсеков классов В, С, D или Е, чехлы грузов, а также прозрачные кожухи, литые и термоформованные детали, соединения воздухопроводов и торцевые планки (декоративные и защитные), которые изготовлены из материалов, не указанных ниже в пункте (а)(1)(iv) части I настоящего Приложения, должны быть самозатухающими при испытаниях в вертикальном положении согласно соответствующим пунктам части I

настоящего Приложения или другим одобренным эквивалентным методам. Средняя длина обугливания не должна превышать 203 мм, а средняя продолжительность горения после удаления источника воспламенения не должна превышать 15 с. Отделяющиеся от испытываемого образца капли не должны гореть после падения в среднем более 5 с”.

Процедуры выполнения испытаний подробно описаны в разделе (b) той же части, в частности отмечено:

“(b) Процедуры испытаний. ...

(4) Вертикальные испытания. ...

При испытаниях материалов, указанных в пункте (а)(1)(i) части I настоящего Приложения, продолжительность воздействия пламени должна составлять 60 с, после чего пламя должно удаляться. При испытаниях материалов, указанных в пункте (а)(1)(ii) части I настоящего Приложения, продолжительность воздействия пламени должна составлять 12 с, после чего пламя должно удаляться. Должны быть зарегистрированы продолжительность горения, длина обугленного участка и продолжительность горения капель, если таковые имеются...”.

Для одного и того же материала в случае его применения в различных отсеках (пассажирская кабина, грузовой отсек) или различных местах пассажирской кабины (пол, потолок, стенка, оконная шторка, сиденье кресла и др.), формально необходимо испытывать образцы для каждой используемой толщины и при двух периодах экспозиции (12 и 60 с).

Обычно считается, что испытания с 60-секундной экспозицией являются более жесткими, так как в них допускается использование материалов с меньшей длиной прогорания (152 вместо 203 мм) и время воздействия на образец пламени, инициирующего воспламенение, в 5 раз больше. Применение более жестких требований к материалам и элементам конструкций отделки пассажирской кабины вызвано необходимостью обеспечить более высокий уровень пожарной безопасности места основного пребывания пассажиров в полете или в случае возникновения аварийной ситуации во время рулежки, взлета-посадки, а также тепловыми условиями развития пожара в замкнутом объеме.

Поскольку испытания при двух режимах (12- и 60-секундная экспозиция) требуют увеличения затрат, связанных в первую очередь с изготовлением образцов, Федеральным авиационным агентством США совместно с группой предприятий была выполнена работа по сокращению выборки для квалификационных испытаний [16]. Согласно этому документу принято следующее решение: “60-second vertical test data will substantiate configurations that only require 12-second vertical data. Vertical Bunsen

^{*} Здесь и далее рассматривается часть I приложения F АП-25.

burner data will substantiate configurations that only require horizontal Bunsen burner testing”, т. е. “данные 60-секундного вертикального испытания являются доказательными, когда необходимы данные только для 12-секундного вертикального испытания. Данные по вертикальному испытанию горелкой Бунзена являются доказательными, когда требуются только горизонтальные испытания горелкой Бунзена”.

Ранее было показано влияние структуры (типа наполнителя) в полимерном композиционном материале (ПКМ) на характеристики пожарной безопасности стекло- и углепластиков [11, 17]. В предыдущей работе [18], выполненной авторами, были рассмотрены методические вопросы влияния толщины испытываемого образца на характеристики горючести, определяемой в соответствии с требованиями авиационных норм.

Задачами настоящей работы являлись:

- анализ имеющегося объема данных по характеристикам горючести материалов авиационного назначения согласно требованиям авиационных норм и проведение дополнительных исследований по оценке влияния продолжительности экспозиции на регистрируемые показатели (продолжительность остаточного горения и длина прогорания);
- оценка допустимости применения тезиса о возможности использования только 60-секундного теста при универсальном применении в конструкциях и отделке интерьера авиационной техники различных типов полимерных материалов.

Аппаратура и методики проведения испытаний

Подробное описание конструкции испытательного оборудования и процедуры выполнения испытаний приведено в части I Приложения F АП-25 [15]. Для проведения испытаний на горючесть согласно требованиям [15] используется специальная камера, в которой на держателе в вертикальном положении закрепляется образец. Ширина экспонируемой части образца составляет не менее 52 мм, высота — 290 мм. При проведении испытаний на нижнюю кромку образца снизу вверх в течение заданного времени экспозиции (12 или 60 с в зависимости от функционального назначения материала) воздействует пламя лабораторной газовой горелки Бунзена высотой около 40 мм (1,5 дюйма). Образец погружен в пламя на половину его высоты. В испытаниях определяются следующие характеристики: продолжительность остаточного самостоятельного горения и/или тления образца после удаления пламени горелки, инициирующего воспламенение; длина поврежденной части образца (длина прогорания), а также наличие и продолжительность горения падающих

капель. Испытания проводятся на трех параллельных образцах, после чего рассчитывается среднее арифметическое полученных результатов. Согласно требованиям, изложенным в пп. (a)(1)(i) и (ii) АП-25 [15], допустимая длина прогорания составляет 152 мм при 60-секундной экспозиции и 203 мм — при 12-секундной. В каждом случае максимальная продолжительность самостоятельного остаточного горения не должна превышать 15 с, а продолжительность горения падающих капель — 3 и 5 с при 60- и 12-секундной экспозиции соответственно.

Образцы и материалы для исследований

В ФГУП ВИАМ, который более 80 лет занимается разработкой материалов для авиационной и смежных отраслей промышленности [19–25], накоплен большой массив данных по характеристикам пожароопасности материалов и типовых конструктивных элементов авиационного назначения [26]. В ходе выполнения настоящей работы были проанализированы имеющиеся данные и проведены дополнительные испытания по определению характеристик горючести различных полимерных композиционных материалов, трехслойных сотовых панелей на их основе, а также декоративно-отделочных и других материалов различного функционального назначения.

Результаты испытаний и их обсуждение

В работе [18] показано, что при изменении толщины образца наблюдается нелинейное (с экстремумом в виде максимума) изменение продолжительности остаточного горения, причем при различной экспозиции пламенем горелки максимумы продолжительности остаточного самостоятельного горения монолитных материалов зафиксированы для образцов неодинаковой толщины. В частности, для многих ПКМ толщиной около 1 мм при 12-секундной экспозиции наблюдается максимальная продолжительность остаточного горения, которая больше, чем при 60-секундной экспозиции. В настоящей работе проанализирован более широкий спектр материалов, и основное внимание при испытаниях уделено не толщине образцов, а разнообразию химического состава и функциональному назначению материалов. Результаты испытаний на горючесть полимерных материалов различных типов и конструктивных элементов на их основе согласно требованиям авиационных норм [15] при экспозиции пламенем горелки 12 и 60 с представлены в табл. 1–4.

Анализ результатов данных испытаний показывает следующее.

Таблица 1. Влияние продолжительности экспозиции пламенем горелки на характеристики горючести ПКМ согласно требованиям авиационных норм

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Стекло-текстолит ВПС-33	1	12	Более 60	290*
		60	Более 60	290*
	3	12	11	2
		60	Более 60	290*
Стекло-текстолит ВПС-34	3	12	54	110
		60	Более 60	290*
Стеклопластик ВПС-36	1	12	4	6
		60	3	27
	2	12	2	3
		60	2	19
	5	12	0	0
		60	1	1
Стеклопластик ВПС-37Т64К	1,1	12	17	100
		60	5	192
Стеклопластик ВПС-38П	0,3	12	1	48
		60	0	62
	1,9	12	0	3
		60	13	52
Стеклопластик ВПС-39П	2,3	12	13	8
		60	0	82
Стеклопластик на основе КМКС-4.170	0,9	12	14	58
		60	1	122
Стеклопластик КТМС-1	0,4	12	10	32
		60	0	62
Стеклопластик СТП-520	0,6	12	4	34
		60	0	70
Стекло-текстолит СТ-69Н(М)	1	12	7	22
		60	0	102
	2	12	1	5
		60	4	54
	3	12	1	2
		60	27	40
Стекло-текстолит ЭПС-2Т-15 с антипиреном	1,6	12	19	46
		60	8	216
Микросферотекстолит МСТ-10П	1,6	12	0	45
		60	0	90
	3,4	12	0	13
		60	0	85
	4,6	12	0	5
		60	0	45

Продолжение табл. 1

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Стеклопластик на основе полифенилсульфида	0,2	12	3	86
		60	0	100
	1,2	12	2	35
		60	5	73
Стеклопластик на полиэфирном связующем	2	12	3	34
		60	Более 60	290*
Стеклопластик на полиэфирном связующем, отвержденном УФ	3,4	12	0	3
		60	1	51
Углеродистый ВКУ-33	1	12	8	26
		60	1	84
	2	12	0	2
		60	7	49
	3	12	0	1
		60	9	27
Углеродистый ВКУ-36	2	12	0	2
		60	10	69
Углеродистый ВКУ-37	2	12	0	0
		60	10	43
Углеродистый ВКУ-38	1,3	12	0	0
		60	0	0
	2,4	12	0	0
		60	0	0
	5,3	12	0	0
		60	0	0
Углеродистый ВКУ-39	1,2	12	18	17
		60	0	73
	1,9	12	0	1
		60	16	48
Углеродистый ВКУ-40	2,3	12	0	1
		60	8	27
Углеродистый ВКУ-43	1,1	12	0	45
		60	1	100
Углеродистый КМКУ 2м.120.P2009	1,1	12	1	72
		60	9	139
Углеродистый КМКУ-3.150	1,1	12	0	10
		60	0	78
Углеродистый КМУ-4-2М-3606	1	12	23	14
		60	Более 60	222
Углеродистый КМУ-4э-2м	1	12	21	5
		60	25	98

Окончание табл. 1

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Углепластик КМУ-7-3606	1	12 60	5 0	12 89
Углепластик КМУ-11-М-3606	1	12 60	12 2	23 81
Опытный органопластик	0,9	12 60	0 1	21 51
* Для всех таблиц значение 290 мм — прогорание по всей длине образца.				

Увеличение продолжительности экспозиции пламенем горелки с 12 до 60 с во всех случаях приводит к возрастанию длины прогорания. Таким образом, на основании полученных результатов испытаний и учитывая, что требования по данному показателю для 60-секундной экспозиции более жесткие (152 вместо 203 мм), результаты 60-секундных испытаний можно зачесть и для 12-секундных.

При оценке продолжительности остаточного самостоятельного горения при 12- и 60-секундной экспозиции наблюдается неоднозначная картина: в большинстве случаев при 60-секундной экспозиции наблюдается более длительное самостоятельное горение, однако выявлен солидный объем данных, свидетельствующих о большей продолжительности остаточного горения при 12-секундной экспозиции. Различие в продолжительности остаточного горения при различной экспозиции может быть как небольшим (0...3 с), так и значительным (10 с и более). Большая продолжительность остаточного горения у тонких монолитных ПКМ и конструктивных элементов на их основе наблюдается преимущественно при 12-секундной экспозиции, у остальных типов материалов и конструктивных элементов — при более длительной экспозиции (60 с).

Таким образом, материалы, соответствующие требованиям АП-25 по горючести при 60-секундной экспозиции (п. (а)(1)(i) [15]), формально могут не удовлетворять требованиям 12-секундного теста (п. (а)(1)(ii) [15]).

Проблема неоднозначности результатов, получаемых при 12- и 60-секундной экспозиции, может быть решена несколькими путями:

а) принято решение о том, что независимо от результатов испытаний, полученных при 12-секундном тесте, все материалы, соответствующие требованиям п. (а)(1)(i) [15], одновременно соответствуют и требованиям п. (а)(1)(ii) [15];

б) для подтверждения соответствия требованиям п. (а)(1)(i) все материалы должны соответствовать и требованиям п. (а)(1)(ii) [15], т. е. при прове-

Таблица 2. Влияние продолжительности экспозиции пламенем горелки на характеристики горючести декоративно-отделочных материалов согласно требованиям авиационных норм

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Декоративный бумажно-слоистый пластик HLP (Kronoerg)	0,6	12 60	23 28	52 141
Декоративный бумажно-слоистый пластик Слопласт ТГ 1,6 S 270-251	0,6	12 60	0 26	6 60
Термопласт Kydex 65/65	2	12 60	1 0	13 58
ПВХ Vekaplan K	2	12 60	0 0	0 1
Термоэластопласт ВТЭП-1	2,1	12 60	4 Более 60	38 290*
АБС-пластик (Этрол)	2	12 60	1 Более 60	40 290*
Арамида ПАТМ-25-4АП	2	12 60	0 12	5 54
Арамида ПА СВ 35-8АП-851	5	12 60	0 2	6 53
Арамида ПА СВ 20-6АП-807	4	12 60	0 9	4 55
Полибутилентерефталат стеклонаполненный огнезащитный	4,2	12 60	0 4	10 44
Полифениленсульфид стеклонаполненный	2	12 60	2 5	17 55
Декоративная пленка Aerfilm LHR (Schneller)	0,25	12 60	0 0	84 118
Декоративная пленка FX-6 с NA-211 (Schneller)	0,3	12 60	0 0	88 116
Ткань для фальшборта арт. 6498144 (Testori)	2,5	12 60	4 2	56 86
Кожа натуральная с огнезащитной пропиткой	1	12 60	0 27	25 83
Напольное ковровое покрытие (Carpet Marker) с обработкой антипиреном	12	12 60	0 1	51 85
Ковровый модуль из пластических масс "Этиваль" (решетка)	10	12 60	2 Более 60	3 290*
Камень искусственный Gibraltar SSV (Wilsonar)	2,8	12 60	0 Более 60	15 290*

Таблица 3. Влияние продолжительности экспозиции пламенем горелки на характеристики горючести функциональных материалов согласно требованиям авиационных норм

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Вибропоглощающий материал ВТП-2П	1	12 60	0 0	1 33
Вибропоглощающий материал ВТП-2В	2	12 60	0 Более 60	40 290*
Вибропоглощающий материал ВТП-3В	5	12 60	6 45	18 56
Клей ВК-46м на стеклоткани	0,5	12 60	3 1	90 116
Опытное клеевое связующее пониженной горючести	1,2	12 60	17 0	73 141
Резина ВР-38	2	12 60	14 Более 60	4 290*
Резина ВР-41П	1,4	12 60	5 46	12 290*
Материал ВРМ-3	3	12 60	2 7	47 121
Материал ВРМ-13	23	12 60	0 0	56 76
Материал ВЭ-120 с клеевым слоем	40	12 60	Более 60 0	290* 290*
Полимерный наполнитель (сферопластик) ARALDITE 252 (Boeing)	10	12 60	3 13	15 53
Полимерсотопласт ПСП-1-2,5-48	10	12 60	1 1	5 19
Пенопласт ВРП-4	12	12 60	8 0	46 130
Вспененный жесткий пластик ВПП-3	10	12 60	1 0	23 90
Вспененный пластик на основе полиакрила	10	12 60	2 32	28 160
Пенопласт 2ПН-К	10	12 60	6 2	66 116
Теплозащитный материал ВШ-27Ф	5,5	12 60	3 28	17 290*
Теплозащитный материал ТЗУ-2ПС	0,5	12 60	0 49	1 37
Теплозащитный материал ВТИ-3	5	12 60	7 12	13 22

Окончание табл. 3

Марка материала	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Теплозвукозащитный материал ВТИ-7		12 60	1 0	35 49
Теплозвукоизоляционный материал ВТМ-1-40	1,8	12 60	0 55	27 62
Теплозвукоизоляционный материал АНКМс	5	12 60	1 1	102 110
Теплозвукоизоляционный материал АТМ-1-35С в чехле из АЗТС	5	12 60	0 6	27 60

дении 60-секундного испытания предварительно необходимо выполнить 12-секундный тест. Во избежание увеличения количества испытываемых образцов это может быть достигнуто при минимальном формате методики испытаний — проведении 60-секундных испытаний непосредственно после 12-секундного теста на одном и том же образце. Иначе говоря, после 12-секундного теста образец (если он оказался соответствующим требованиям по продолжительности остаточного горения и не распространял пламя на всю длину образца) не вынимается из зажима, а после окончания самостоятельного горения под него сразу подводится пламя горелки на оставшееся время экспонирования (48 с), после чего повторно фиксируются характеристики горючести;

в) допустимость применения материала оценивается не по отдельным показателям (продолжительность остаточного горения, длина прогорания, продолжительность горения падающих капель), а по некоторому сводному индексу, рассчитываемому на основе отдельных показателей, например, по формулам, приведенным в [27].

Вариант “а”, практически аналогичный решению, принятому в [16], должен обеспечить снижение объема проводимых испытаний при первоочередном внедрении материала в изделия авиационной техники согласно требованиям п. (а)(1)(i) [15]. Однако он практически допускает к применению материалы, формально не соответствующие требованиям.

Решение вопроса по варианту “б” обеспечит фактическое повышение пожарной безопасности изделий, так как исключит возможность использования материалов, формально соответствующих требованиям в силу несовершенства используемой в настоящее время методики. Фактически этот вариант реализует процедуру, аналогичную методикам, при-

Таблица 4. Влияние продолжительности экспозиции пламенем горелки на характеристики горючести конструктивных элементов согласно требованиям авиационных норм

Марка материала или состав панели	Толщина образца, мм	Продолжительность экспозиции, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Сотовая панель “Панпол”	10,1	12	0	4
		60	0	48
Сотовая панель EURO COMPOSITES с декоративным покрытием из поролона 3 мм и ткани Cork	14,9	12	12	70
		60	15	160
Сотовая панель EURO COMPOSITES с декоративным покрытием из ткани Gereva FR	13,4	12	0	2
		60	0	108
Монолитная панель: ВПС-39 + клей ВК-46Б + вспененный пластик	10,7	12	0	6
		60	19	46
Монолитная панель: КТМС-2 + клей ВКР-24 + пленка декоративная ППД	0,7	12	6	108
		60	3	130
Монолитная панель: КТМС-2 + самоклеящаяся пленка СДП	0,5	12	7	66
		60	0	92
Монолитная панель: СТП-520П + самоклеящаяся пленка СДП	0,5	12	10	51
		60	0	64
Монолитная панель: СТП-520 + ЛКП ВДАК-612	0,7	12	23	32
		60	0	80
Монолитная панель: СТ-ЭДИ + ЛКП ВЭ-46	7	12	0	9
		60	Более 60	290*
Монолитная панель: КТМС-1 + ЛКП ВЭ-46	0,5	12	3	22
		60	0	58
Монолитная панель: КМКС-1 с декоративным покрытием: с лицевой стороны — ткань обивочная Buckwheat Grospoint (Tapis) + клей ПК-10, с тыльной стороны — эмаль ЭП-140	2,8	12	57	77
		60	21	143
Монолитная панель: Kydex 65/65(d) + ЛКП “Interplan” (HSH)	2,1	12	0	48
		60	1	108
Монолитная панель: лист ПВХ “Симона” (Klonckner pentoplast) с наклеенной декоративной пленкой ОРАКАЛ 641 (Orafol Klebetechnik GmbH)	2	12	0	50
		60	5	125
Монолитная панель: лист ПВХ “Онгроформ” (Klonckner pentoplast) с наклеенной декоративной пленкой ОРАКАЛ 641 (Orafol Klebetechnik GmbH)	3	12	0	40
		60	3	70
Монолитная панель: Д-16 + ЛКП Redox Pur (Sikkens)	2,2	12	0	21
		60	1	68
Монолитная панель: Д-16 (1,2 мм) + липкая лента + ковер Casarella 850	10	12	2	16
		60	6	50
Монолитная панель состава: Витур Т-0533-90С (1,5 мм) + клей ВКР-24 + Д-16 (0,45 мм)	2	12	4	7
		60	0	102
Монолитная панель: Д-16 (1,5 мм) + Изолон (пенополиэтилен двухцветный)	10	12	16	75
		60	0	110
	15	12	2	60
		60	40	105
Монолитная панель: Д-16 (1 мм) + кожа натуральная перфорированная огнезащитная	2	12	15	4
		60	Более 60	106

меняемым для испытаний на горючесть (воспламеняемость) и изложенным в ряде стандартов: ГОСТ 28157–89, ГОСТ 28779–90 (ГОСТ Р 50695–94, МЭК 707–81), ГОСТ 26666.8–95.

Вариант “в” меняет сложившуюся систему квалификации материалов, поэтому его внедрение затруднено. В связи с вышеизложенным наиболее целесообразным решением представляется применение варианта “б”.

Выводы

На основании анализа и сопоставления данных по характеристикам горючести полимерных материалов авиационного назначения установлено следующее.

При применении 60-секундной экспозиции, в отличие от 12-секундного теста, регистрируемая длина прогорания образцов возрастает во всех случаях.

Установлено неоднозначное влияние времени экспозиции на продолжительность остаточного самостоятельного горения: увеличение экспозиции с 12 до 60 с может привести как к возрастанию продолжительности остаточного самостоятельного горения, так и к ее существенному снижению. Вследствие этого допустимость использования 60-секундного теста взамен 12-секундного при универсальном использовании материалов является спорной. Необходимо введение изменений в нормативную документацию (авиационные нормы) для устранения имеющихся неоднозначностей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 14-29-10186 “код офи-м”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sarkos G. Evolution of FAA Fire Safety R&D over the Years // Fifth International Triennial Fire & Cabin Safety Research Conference, 29 October – 1 November 2007, Atlantic City, NJ. URL : http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf (дата обращения: 11.11.2014).
2. Нормы летной годности гражданских самолетов СССР. — 2-е изд. — М. : ЦАГИ, 1974. — 344 с.
3. Барботько С. Л. Пожаробезопасность авиационных материалов // Авиационные материалы и технологии. — 2012. — № 5. — С. 431–439.
4. Барботько С. Л., Кириллов В. Н., Шуркова Е. Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения // Авиационная промышленность. — 2013. — № 2. — С. 55–58.
5. Aircraft Materials Fire Test Handbook // DOT/FAA/AR-00/12. — 235 p.
6. Barbotko S. L. Ways of providing fire safety of aviation materials // Russian Journal of General Chemistry. — 2011. — Vol. 81, No. 5. — P. 1068–1074. doi: 10.1134/S1070363211050422.
7. 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.
8. 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.
9. Mitina E. L., Barbot'ko S. L. Influence of fire retardants on the combustibility of decorative resins based on butadiene–styrene and butadiene rubber combination // Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials. — 2012. — Vol. 5, No. 4. — P. 296–299. doi: 10.1134/S1995421212040107.
10. Швец Н. И., Застрогина О. Б., Барботько С. Л., Алексакин В. М. Фенолформальдегидное связующее пониженной горючести // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 5. — С. 26–32.
11. Barbot'ko S. L., Dement'eva L. A., Serezhnikov A. A. Combustibility of glass and carbon plastics based on glue prepregs // Polymer Science. Series. D. Glues and Sealing Materials. — 2009. — Vol. 2, No. 1. — P. 31–33. doi: 10.1134/S1995421209010067.
12. Бейдер Э. Я., Петрова Г. Н., Изотова Т. Ф., Барботько С. Л. Стеклопластики на термопластичной матрице // Труды ВИАМ. — 2013. — № 7. — Ст. 03. URL : <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/116.pdf> (дата обращения: 11.11.2014).
13. Гуляев И. Н., Власенко Ф. С., Зеленина И. В., Раскутин А. Е. Направления развития термостойких углепластиков на основе полиимидных и гетероциклических полимеров // Труды ВИАМ. — 2014. — № 1. — Ст. 04. URL : <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/636.pdf> (дата обращения: 11.11.2014).

14. Борцев А. В., Хрульков А. В., Халтурина Д. С. Изготовление низкопористого полимерного композиционного материала для применения в слабо- и средненагруженных конструкциях // Труды ВИАМ. — 2014. — № 7. — Ст. 03. URL : <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/682.pdf> (дата обращения 11.11.2014).
15. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории // Межгосударственный авиационный комитет. — М. : ОАО “Авиаиздат”. 2009. — 267 с.
16. Cambell S., Jensen M., Sattayatham P. Flammability Standardization Task Group — Final Reports: Federal Aviation Administration Draft Policy Memo, AMN-115-09-XXX, August 20, 2009 // Report FAA DOT/FAA/TC-12/10. — 2012. — 881 p.
17. Барботько С. Л., Изотова Т. Ф. Влияние структуры стеклопластика на тепловыделение при горении // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 9. — С. 17–21.
18. Барботько С. Л., Вольный О. С., Кириенко О. А., Шуркова Е. Н. Особенности испытаний авиационных материалов на пожароопасность. Часть 1. Испытания на горючесть — влияние толщины образца на регистрируемые характеристики // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 1. — С. 40–48.
19. Каблов Е. Н. ВИАМ: Продолжение пути // Наука в России. — 2012. — № 3. — С. 36–44.
20. История авиационного материаловедения. ВИАМ — 80 лет: годы и люди // Под. общ. ред. Е. Н. Каблова. — М. : ВИАМ, 2012. — 520 с.
21. Каблов Е. Н. Авиакосмическое материаловедение // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2008. — № 3. — С. 2–14.
22. Парахин И. В., Туманов А. С. Фенольно-каучуковый пенопласт марки ВРП-4 // Авиационные материалы и технологии. — 2014. — № 1. — С. 42–46.
23. Грязнов В. И., Петрова Г. Н., Юрков Г. Ю., Бузник В. М. Смесевые термозластопласты со специальными свойствами // Авиационные материалы и технологии. — 2014. — № 1. — С. 25–29.
24. Беляев А. А., Беспалова Е. Е., Романов А. М. Пожаробезопасные радиопоглощающие материалы для безэховых камер // Авиационные материалы и технологии. — 2013. — № 1. — С. 53–55.
25. Сытый Ю. В., Сагомонова В. А., Кислякова В. И., Большаков В. А. Новые вибропоглощающие материалы // Авиационные материалы и технологии. — 2012. — № 2. — С. 51–54.
26. Барботько С. Л., Воробьев В. Н. Пожаробезопасность авиационных материалов и элементов конструкций : справочник / Под общ. ред. Е. Н. Каблова. — М. : ВИАМ, 2007. — 543 с.
27. Барботько С. Л., Голиков Н. И. О комплексной оценке пожарной опасности материалов // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 6. — С. 16–24.

Материал поступил в редакцию 24 ноября 2014 г.

English

FEATURES THE TESTING OF AVIATION MATERIALS ON FIRE SAFETY.

Part 2. Test on flammability. Influence of exposure duration by burner flame

BARBOTKO S. L., Candidate of Technical Sciences, Chief of Laboratory “Research of Nonmetallic Materials on Climatic, Microbiological Resistance and Fire Safety”, All-Russian Science-Research Institute of Aviation Materials (VIAM) (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: slbarbotko@yandex.ru)

VOLNYY O. S., Leading Engineer of Laboratory “Research of Nonmetallic Materials on Climatic, Microbiological Resistance and Fire Safety”, All-Russian Science-Research Institute of Aviation Materials (VIAM) (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation)

KIRIENKO O. A., Candidate of Chemical Sciences, Leading Research Associate of Laboratory “Research of Nonmetallic Materials on Climatic, Microbiological Resistance and Fire Safety”, All-Russian Science-Research Institute of Aviation Materials (VIAM) (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation)

SHURKOVA E. N., Engineer of 2th category of Laboratory “Research of Nonmetallic Materials on Climatic, Microbiological Resistance and Fire Safety”, All-Russian Science-Research Institute of Aviation Materials (VIAM) (Radio St., 17, Moscow, 105005, Russian Federation)

ABSTRACT

According to requirements of aviation norms depending on functional purpose of material, samples at carrying out tests for combustibility are exhibited at vertical orientation by burner flame within 12 or 60 seconds. Often there is need of performance of qualification tests at both modes of exposure. For the purpose of reduction of volume of tests foreign researchers have makes the decision that 60-second tests are more rigid and compliance to this requirement automatically means also implementation of the requirement for 12-second dough.

Researches on influence of duration of exposure by flame was conducted at testing samples of polymeric materials and core panels on flammability characteristics (burn-out length, duration of residual independent burning) and the obtained data are analyzed. It is shown that at 60-second exposure test burn-out length always more than at 12-second. For thick materials (thickness more than 3 mm), as a rule, duration of residual independent burning at 60-second exposure are more than at 12-second.

However, for thin materials (up to 1 mm thick) duration of residual independent burning at 12-second exposure are more than at the 60-second. Thus, materials corresponding to requirements of tests for panels of walls of passenger cabin may not satisfy to norms of fire safety for materials of auxiliary rooms and cabin of pilots. Therefore, for thin materials application of rule about absorption of results 12-second tests by 60-second is inadmissible.

Keywords: flammability; residual burning; burn-out length; polymeric composite material; core panel; exposure duration.

REFERENCES

1. Sarkos G. Evolution of FAA Fire Safety R&D over the Years. *Fifth International Triennial Fire & Cabin Safety Research Conference, 29 October – 1 November 2007, Atlantic City, NJ*. Available at: http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf (Accessed 11 November 2014).
2. *Norms of the flight validity for civil aircrafts of the USSR*. Second edition. Moscow, TsAGI Publ., 1974. 344 p. (in Russian).
3. Barbotko S. L. Pozharobezopasnost aviatsionnykh materialov [Fire safety of aviation materials]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2012, no. 5, pp. 431–439.
4. Barbotko S. L., Kirillov V. N., Shurkova E. N. Otsenka pozharnoy bezopasnosti polimernykh kompozitsionnykh materialov aviatsionnogo naznacheniya [Assessment of fire safety of polymeric composite materials of aviation assignment]. *Aviatsionnaya promyshlennost — Aviation Industry*, 2013, no. 2, pp. 55–58.
5. *Aircraft Materials Fire Test Handbook*. DOT/FAA/AR-00/12. 235 p.
6. Barbotko S. L. Ways of providing fire safety of aviation materials. *Russian Journal of General Chemistry*, 2011, vol. 81, no. 5, pp. 1068–1074. doi: 10.1134/S1070363211050422.
7. Barbotko S. L., Kirillov V. N., Shurkova E. N. Otsenka pozharnoy bezopasnosti polimernykh kompozitsionnykh materialov aviatsionnogo naznacheniya [Assessment of fire safety of polymeric composite materials of aviation assignment]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2012, no. 3, pp. 56–63.
8. Barbotko S. L. Trebovaniya aviatsionnykh norm i metody otsenki pozarnoy bezopasnosti aviatsionnykh materialov: istoriya, sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya [Requirements of aviation norms and methods of assessment of fire safety of aviation materials: history, current state and development perspectives]. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii — Bulletin of Voronezh Institute of State Fire Service of Emercom of Russia*, 2014, no. 3, pp. 23–33.
9. Mitina E. L., Barbot'ko S. L. Influence of fire retardants on the combustibility of decorative resins based on butadiene–styrene and butadiene rubber combination. *Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials*, 2012, vol. 5, no. 4, pp. 296–299. doi: 10.1134/S1995421212040107.
10. Shvets N. I., Zastrogina O. B., Barbotko S. L., Aleksashin V. M. Fenolformaldegidnoye svyazuyushcheye ponizhennoy goryuchesti [Reduced combustibility phenolic binder]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 5, pp. 26–32.
11. Barbot'ko S. L., Dement'eva L. A., Serezhenkov A. A. Combustibility of glass and carbon plastics based on glue prepregs. *Polymer Science. Series D. Glues and Sealing Materials*, 2009, vol. 2, no. 1, pp. 31–33. doi: 10.1134/S1995421209010067.

12. Beyder E. Ya., Petrova G. N., Izotova T. F., Barbotko S. L. Stekloplastiki na termoplastichnoy matritse [Fibreglasses on thermoflexible matrix]. *Trudy VIAM — Proceedings of VIAM*, 2013, no. 7, art. 03. Available at: <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/116.pdf> (Accessed 11 November 2014).
13. Gulyaev I. N., Vlasenko F. S., Zelenina I. V., Raskutin A. E. Napravleniya razvitiya termostoykikh ug-leplastikov na osnove poliimidnykh i geterotsiklicheskikh polimerov [The directions of development heat-resistant carbonplastics on the basis of polyimide and heterocyclic polymers]. *Trudy VIAM — Proceedings of VIAM*, 2014, no. 1, art. 04. Available at: <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/636.pdf> (Accessed 11 November 2014).
14. Borshchev A. V., Khrulkov A. V., Khalturina D. S. Izgotovleniye nizkoporistogo polimernogo kompozitsionnogo materiala dlya primeneniya v slabo- i srednenagruzhennykh konstruktsiyakh [Manufacturing of low-porous polymeric composite material for application in weak and middle load designs]. *Trudy VIAM — Proceedings of VIAM*, 2014, no. 7, art. 03. Available at: <http://www.viam-works.ru/plugins/content/journal/uploads/articles/pdf/682.pdf> (Accessed 11 November 2014).
15. *Aviation rules. Chapter 25. Airworthiness norms for a transport category airplanes. Interstate Aviation Committee*. Ed. 3 with amendments 1–6. Moscow, Aviaizdat, 2009. 274 p. (in Russian).
16. Cambell S., Jensen M., Sattayam P. Flammability Standardization Task Group — Final Reports: Federal Aviation Administration Draft Policy Memo, AMN-115-09-XXX, 20 August 2009. *Report FAA, DOT/FAA/TC-12/10*, 2012. 881 p.
17. Barbotko S. L., Izotova T. F. Vliyaniye struktury stekloplastika na teplovydeleniye pri gorenii [The influence of fiberglass structure on heat release rate]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 9, pp. 17–21.
18. Barbotko S. L., Volnyy O. S., Kirienko O. A., Shurkova E. N. Osobennosti ispytaniy aviatsionnykh materialov na pozharoopasnost. Chast 1. Istyvaniya na goruchest — vliyaniye tolshchiny obraztsa na registriruyemye kharakteristiki [Features the testing of aviation materials on fire safety. Part 1. Test on flammability — influence of sample thickness on registered characteristics]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015. vol. 24, no. 1, pp. 40–48.
19. Kablov E. N. VIAM: Prodolzheniye puti [VIAM: Way continuation]. *Nauka v Rossii — Science in the Russia*, 2012, no. 3, pp. 36–44.
20. Kablov E. N. (ed.). *Istoriya aviatsionnogo materialovedeniya. VIAM — 80 let: gody i lyudi* [History of aviation materials science. VIAM — 80 years: years and people]. Moscow, VIAM Publ., 2012. 520 p.
21. Kablov E. N. Aviakosmicheskoye materialovedeniye [Aerospace materials science]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik — All Materials. Encyclopedic Directory*, 2008, no. 3, pp. 2–14.
22. Parakhin I. V., Tumanov A. S. Fenolno-kauchukovyy penoplast marki VRP-4 [Phenolic-rubber polyfoam of the VRP-4 brand]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2014, no. 1, pp. 42–46.
23. Gryaznov V. I., Petrova G. N., Yurkov G. U., Buznik V. M. Smesevyye termoelastoplasty so spetsialnymi svoystvami [Blenderized thermoelastoplastics with special properties]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2014, no. 1, pp. 25–29.
24. Belyaev A. A., Bespalova E. E., Romanov A. M. Pozharobezopasnyye radiopogloshchayushchiye materialy dlya bezekhovyykh kamer [Fireproof radio absorbing materials for anechoic cameras]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2013, no. 1, pp. 53–55.
25. Sytyy Yu. V., Sagomonova V. A., Kislyakova V. I., Bolshakov V. A. Novyye vibropogloshchayushchiye materialy [New vibro absorbing materials]. *Aviatsionnyye materialy i tekhnologii — Aviation Materials and Technology*, 2012, no. 2, pp. 51–54.
26. Barbotko S. L., Vorobyev V. N. *Pozharobezopasnost aviatsionnykh materialov i elementov konstruktсий. Spravochnik* [Fire safety of aviation materials and elements of designs. Handbook]. Moscow, VIAM Publ., 2007. 543 p.
27. Barbotko S. L., Golikov N. I. O kompleksnoy otsenke pozharnoy opasnosti materialov [About complex assessment of fire danger of materials]. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2008, vol. 17, no. 6, pp. 16–24.