



УДК 678.067.5:614.814.41

doi: 10.18577/2307-6046-2015-0-11-7-7

**ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ ДЛЯ
ИНТЕРЬЕРА ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ (обзор)**

А.О. Курносов

И.И. Соколов

кандидат технических наук

Д.А. Мельников

Т.Э. Топунова

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.

А.О. Курнос¹, И.И. Соколов¹, Д.А. Мельников¹, Т.Э. Топунова¹

ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ ДЛЯ ИНТЕРЬЕРА ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ (обзор)

doi: 10.18577/2307-6046-2015-0-11-7-7

Представлены сведения о разработанных в ВИАМ стеклопластиках, применяемых в интерьере пассажирских самолетов. Указаны основные требования по пожаробезопасности к таким материалам. Рассмотрены методики определения горючести и дымообразования полимерных материалов. Приведены основные характеристики пожаробезопасных материалов на основе различных типов связующих и стеклянных наполнителей. Описана технология изготовления панелей интерьера различной кривизны методом «crush core».

Ключевые слова: *стеклопластики, фенолформальдегидные связующие, горючесть, тепловыделение, дымообразование, трехслойные панели.*

A.O. Kurnosov, I.I. Sokolov, D.A. Melnikov, T.E. Topunova

Fireproof fiberglass for interior of passenger aircraft (review)

The article presents information about fiberglass for interior of passenger aircraft developed at VIAM. The basic requirements of fire safety for such materials are pointed out. Methods for determining the combustibility and smoke generation of polymer materials are considered. Main characteristics of fireproof materials based on various types of binders and glass materials are represented. The technology of manufacture of interior panels of different curvature by using the method «crush core» is described.

Keywords: *fiberglass, phenol-formaldehyde binders, combustibility, heat release, smoke formation, sandwich panels.*

¹Федеральное 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

Основным элементом интерьера современных пассажирских самолетов являются трехслойные сотовые конструкции, что объясняется сочетанием в них довольно высокой прочности и жесткости с низкой плотностью по сравнению с традиционными монолитными материалами. Важнейшими требованиями, предъявляемыми к таким панелям по Авиационным правилам АП-25, являются низкое тепловыделение, негорючесть и слабое дымообразование. Это связано с тем, что, согласно статистике, в случае аварийной посадки до 40% людей гибнут от термических травм и отравления продуктами горения и дымообразования [1, 2].

В нашей стране задача создания пожаробезопасных стеклопластиков и трехслойных конструкций для интерьеров салонов пассажирских самолетов стала особо актуальной в 70-х годах прошлого века при создании широкофюзеляжных пассажирских самолетов, способных перевозить 350 и более пассажиров. Первоначально решалась задача снижения горючести материалов без учета их дымообразующей способности и тепловыделения при горении. Так, в 1973 г. был разработан метод оценки горючести материалов и выпущен ОСТ 1 90094–73 «Полимерные материалы. Метод определения

горючести декоративно-отделочных и конструкционных материалов». По степени горючести материалы были классифицированы на следующие группы:

1-я группа – трудносгорающие авиационные материалы – образец такого материала при испытании в течение 12 с в вертикальном положении в стандартном пламени после выноса из пламени не горит, не тлеет и имеет среднюю длину обуглившейся части не более 170 мм, горение выпавших капель не более 3 с;

2-я группа – самозатухающие авиационные материалы – при аналогичных испытаниях на горючесть образцы после удаления пламени должны иметь остаточное горение не более 15 с, среднюю длину обуглившейся части не более 170 мм, а горение выпавших капель должно длиться не более 5 с;

3-я группа – медленносгорающие авиационные материалы – скорость распространения стандартного пламени при испытаниях на горючесть после воздействия на горизонтально расположенный образец не более 60 мм в минуту;

4-я группа – сгорающие материалы, образцы которых при испытаниях не соответствуют требованиям, предъявляемым к первым трем группам [3, 4].

При прогнозировании развития пожара важно учитывать скорость выделения тепла, особенно в замкнутых объемах, так как это позволяет оценить такие показатели, как скорость распространения пламени по материалам, изменение размера очага пожара, повышение температуры в замкнутом пространстве, а следовательно, оценить допустимое время эвакуации, расход средств на тушение пожара.

В ВИАМ были разработаны трехслойные конструкции на основе бумажного сотового наполнителя типа Nomex, обшивок из стеклотканей марок Т-45(П)-76, Т-15(П)-76 из полых стеклянных волокон и эпоксиизоцианатного связующего ЭП-2МК [5]. На предприятии ОНПП «Технология» было организовано производство полимерного сотопласта ПСП-1 из отечественного сырья – фенилоновой бумаги. Декоративную отделку панелей интерьера обеспечивали специальными пленками марки ПДОАЗ-25. Масса таких панелей составляла 2,0–2,6 кг/м², и они полностью обеспечивали требования, предъявляемые в то время по горючести к панелям интерьера самолетов Ил-86, Ту-154, Ту-134, Як-40 и Як-42 [6, 7].

С накоплением опыта применения огнезащитных материалов выяснилось, что многие антипирены, снижая горючесть материалов, одновременно существенно увеличивают выделение дыма и токсичных веществ. Поэтому в 1975 г. был разработан метод оценки дымообразующей способности авиационных неметаллических материалов и выпущен ОСТ 1.90178–75, преобразованный в дальнейшем в ГОСТ 24632–81 «Полимерные материалы. Метод определения дымообразования». Сущность метода заключается в измерении интенсивности светового потока, проходящего через задымленное пространство в герметичной камере при термическом разложении образца.

В дальнейшем для изготовления деталей интерьера (багажные полки, перегородки, панели и др.) были разработаны трудносгораемые стеклопластики и микросферостеклотекстолиты на основе самозатухающего связующего ЭДТ-69Н [8].

В 80-е годы ужесточились требования по пожаробезопасности самолетов. К основным требованиям, предъявляемым к конструкционным материалам, используемым для внутренней декоративной отделки салонов пассажирских самолетов, по АП-25, добавилось требование по уровню тепловыделения [8, 9]. При этом максимальная скорость тепловыделения и общее количество тепла за 2 мин не должно превышать 65 кВт/м² и 65 кВт·мин/м² соответственно.

Зарубежные производители материалов для авиационной промышленности (СУТЕС Engineering Materials Inc., Cyanamid Fothergill, Hexcel и другие) широко используют фенолформальдегидные связующие для изготовления материалов интерьера (стеклопластики, трехслойные сотовые панели, полимерные наполнители-сферопласты), обеспечивающих высокие характеристики по пожаробезопасности. От-

личительной особенностью этих связующих являются низкое содержание свободного фенола (4–5%), жизнеспособность, обеспечивающая получение препрегов со сроком хранения до 3 мес, и достаточно высокая скорость отверждения при умеренной температуре (до 140°C).

В ВИАМ разработано отечественное фенольное связующее ФП-520, обладающее схожими химико-технологическими свойствами с зарубежными аналогами. Это связующее позволяет изготавливать сотовые панели, отвечающие требованиям АП-25 по тепловыделению. Панели интерьера с обшивками из стеклопластика на основе фенольного связующего ФП-520 и полимерных сот ПСП-1 используют в настоящее время на пассажирских самолетах Ту-204, Ве-200 и Ил-96. Однако у материалов СТ-520 и МСТ-9П на основе связующего ФП-520 существуют недостатки – это большой разброс значений тепловыделения (от 60 до 119 кВт/м²) и низкая прочность при отрыве обшивок от сот (1,85 МПа). Для получения качественного интерьера необходима прочность 2,0–2,5 МПа. Поэтому в начале 2000-х годов в ВИАМ проведены работы по модификации фенольного связующего ФП-520 гидроксидом алюминия [10, 11].

Основными преимуществами модифицированного гидроксидом алюминия стеклопластика марки СТ-ФПР-520Г по сравнению с предшествующими немодифицированными материалами являются низкое и стабильное тепловыделение по всей площади панелей и повышенная прочность при отрыве обшивок от сот.

Так, при толщине 2 мм стеклопластик марки СТ-ФПР-520Г имеет максимальную скорость выделения тепла 53 кВт/м², что в 2 раза ниже аналогичной характеристики для стеклопластика без гидроксида алюминия (119 кВт/м²), а при толщине 4 мм скорость выделения тепла еще меньше и равна 29 кВт/м². Общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин у стеклопластиков толщиной 2–4 мм составляет <5 кВт·мин/м², вместо 61 кВт·мин/м² у немодифицированных материалов. Стеклопластики на основе модифицированного связующего использовали для изготовления конструкций интерьера самолета Ту-214.

Для изготовления стеклопластиковых деталей и обшивок трехслойных сотовых панелей интерьера (в том числе для изготавливаемых бесклеевым методом) в ВИАМ разработан стеклопластик марки ВПС-39П на основе полый стеклоткани Т-15(П)-76 и фенолформальдегидного связующего РС-Н. Данное связующее представляет собой высококонцентрированный раствор жидких олигомеров резольного и новолачного типа, в составе которого не содержится остродефицитных и экологически опасных фосфорсодержащих ингибиторов горения [12].

Трехслойные сотовые конструкции на основе полимерной сотопанели высотой 10 мм марки ПСП-1-2,5-48 с обшивками из двух слоев стеклопрепрега на основе стеклоткани Т-15(П)-76 и связующего РС-Н имеют следующие показатели: скорость выделения тепла – до 23 кВт/м², общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин – до 2 кВт·мин/м², по горючести материал относится к классу самозатухающих, а прочность при отрыве обшивок от сот составляет 2,3 МПа [13]. В табл. 1 представлены основные прочностные и пожаробезопасные свойства стеклопластиковых панелей для интерьера на основе фенолформальдегидных связующих марок ФП-520, ФП-520Г и РС-Н с сотовым наполнителем ПСП-1-2,5-48 ($h=10$ мм).

Свойства стеклопластиковых панелей интерьера

Свойства	Значения свойств стеклопластика		
	СТ-520	СТ-ФПР-520Г	ВПС-39П
Горючесть	Самозатухающий		
Дымообразование	Слабодымящий		
Максимальная скорость тепловыделения, кВт/м ²	54	39	23
Тепловыделение за 2 мин, кВт·мин/м ²	51	9	2
Предел прочности при равномерном отрыве, МПа	2,1	3,2	2,3
Усилие отдира обшивки от сот, Н·м/м	9,6	15,0	10,7
Предел прочности при изгибе, МПа	154,0	242,0	158,3

Для изготовления панелей интерьера самолетов в настоящее время используют две основные технологии: вакуумное и прессовое формование. Каждая из данных технологий имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее широко применяется технология вакуумного формования в термопечи, при которой возможно изготавливать панели любой сложности и использовать относительно дешевое оборудование (термопечь). Недостатком данной технологии является наличие большого количества расходных материалов (дренажные слои, разделительные пленки, герметизирующие ленты), стоимость которых включается в стоимость детали. Применение прессового формования для изготовления трехслойных панелей интерьера отличается отсутствием вспомогательных материалов, что удешевляет процесс изготовления, но данный метод ограничен формованием плоских трехслойных панелей.

Анализ зарубежной научно-технической литературы показал, что для изготовления боковых панелей интерьера различной кривизны, а также панелей переменной толщины (проемы окон, дверей) большое распространение получил метод «crush core». Технология «crush core» является быстрым и экономичным процессом формования трехслойных панелей при умеренно высокой температуре (110–160°C), высоком давлении (до 2 МПа) и малой продолжительности переработки (8–30 мин).

Конструкция пресс-форм, применяемых в «crush core» технологии, позволяет производить формование панелей без предварительной выкладки препрега на форму благодаря использованию свойств тканых наполнителей препрегов вытягиваться в определенных направлениях. Это обстоятельство дает возможность загружать выложенный заранее технологический пакет в горячую пресс-форму и не тратить время на ее нагрев и охлаждение. Метод «crush core» позволяет совместить преимущества вакуумного формования – способность изготавливать панели двойной кривизны и прессового формования – формовать панели без использования расходных материалов. Стоит отметить, что данная технология особо эффективна при изготовлении сложнопрофильных деталей интерьера пассажирских самолетов при большом объеме производства и практикуется главным образом на фирмах Boeing и Airbus. Для метода «crush core» фирма Gurit выпускает целую серию препрегов на основе фенольных смол PF 811, PH 831 и стеклотканей различного плетения.

Для энергосберегающей технологии изготовления методом «crush core» трехслойных сотовых панелей деталей интерьера с обшивками из пожаробезопасного стеклопластика в ВИАМ разработан материал на основе быстроотверждаемого фенолформальдегидного связующего [14].

Разработанный стеклопластик марки ВПС-42П представляет собой материал на основе стеклоткани марки Т-15(П)-76 и фенолформальдегидного связующего ВСФ-16М, производимого полностью на российском сырье.

Стеклопластик марки ВПС-42П рекомендуется для изготовления стеклопластиковых деталей и трехслойных сотовых панелей интерьера (в том числе изготовленных бесклеевым методом), которые должны иметь низкие параметры тепловыделения. Стоит от-

метить также, что разработанный материал имеет показатели по прочности (табл. 2) и по тепловыделению на уровне зарубежного аналога – стеклопластика фирмы Cusom 799/7781 Solid Laminate [15].

Таблица 2

Физико-механические свойства стеклопластиков для обшивок трехслойных сотовых панелей

Свойства	Температура испытания, °С	Значения свойств стеклопластика		
		СТ-520	ВПС-39П	ВПС-42П
Предел прочности, МПа: – при растяжении – при сжатии – при изгибе	20	350	235	353
	80	310	215	335
	20	200	360	438
	80	190	315	371
	20	430	405	516
	80	380	370	499
Прочность при отрыве от сот сотопласта ПСП-1-2,5-64, МПа	20	1,85	2,15	2,60
Плотность, г/см ³	–	1,38	1,55	1,55

Несмотря на то что в последнее время широко ведутся работы по созданию и применению композиционных материалов на основе других наполнителей (углеродных, органических), еще многие годы стеклопластики благодаря своей низкой стоимости и широкой сырьевой и производственной базе будут занимать ведущее место по объему применения в качестве основного материала в элементах интерьера пассажирских самолетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова И.Ф., Кавун Н.С. Стеклопластики – многофункциональные композиционные материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 253–260.
2. Кирин К.М. Перспективные пожаробезопасные текстильные материалы для применения в гражданской авиации: автореф. дис. ... канд. техн. М.: ГОУ ВПО РосЗИТЛП. 2004. 16 с.
3. Гуняев Г.М., Кривонос В.В., Румянцев А.Ф., Железина Г.Ф. Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов //Конверсия в машиностроении. 2004. №4 (65). С. 65–69.
4. Барботько С.Л., Дементьева Л.А., Сереженков А.А. Горючесть стекло- и углепластиков на основе клеевых препрегов //Клеи. Герметики. Технологии. 2008. №7. С. 29–31.
5. Сурнин Е.Г., Кондрашов Э.К. Пожаробезопасные декоративно-отделочные материалы /В кн. Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002: Юбилейный науч.-технич. сб. М.: МИСИС–ВИАМ. 2002. С. 271–281.
6. Вешкин Е.А., Постнов В.И., Застрогина О.Б., Сатдинов Р.А. Технология ускоренного формирования сотовых панелей интерьера самолета //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. №4 (4). С. 799–805.
7. Аврасин Я.Д., Бородин М.Я., Киселев Б.А. Стеклопластики в авиастроении //Авиационная промышленность. 1982. №8. С. 80–84.
8. Соколов И.И., Коган Д.И., Раскутин А.Е., Бабин А.Н., Филатов А.А., Морозов Б.Б. Много-слойные конструкции со сферопластиками //Конструкции из композиционных материалов. 2014. №1. С. 37–42.
9. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
10. 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.
11. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.

12. Застрогина О.Б., Швец Н.И., Постнов В.И., Серкова Е.А. Фенолформальдегидные связующие нового поколения для материалов интерьера //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 265–272.
13. Стрельников С.В., Застрогина О.Б., Вешкин Е.А., Швец Н.И. К вопросу о создании высокоэффективных технологий изготовления панелей интерьера в крупносерийном производстве //Авиационные материалы и технологии. 2011. №4. С. 18–24.
14. Серкова Е.А., Швец Н.И., Застрогина О.Б., Постнов В.И., Петухов В.И., Барботько С.Л., Вешкин Е.А. Быстроотверждаемое фенолформальдегидное связующее, перерабатываемое по «crush-core» технологии, для пожаробезопасных материалов интерьера /В сб. тезисов докл. XIX конф. «Конструкции и технологии получения изделий из неметаллических материалов». Обнинск. 2010. С. 70–71.
15. Долматовский М.Г., Соколов И.И. Особенности разрушения сотовых панелей со сферопластиками //Авиационные материалы и технологии. 2008. №4. С. 19–24.

REFERENCES LIST

1. Davydova I.F., Kavun N.S. Stekloplastiki – mnogofunkcionalnye kompozicionnye materialy [Fibreglasses – multipurpose composite materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 253–260.
2. Kirin K.M. Perspektivnye pozharobezopasnye tekstilnye materialy dlya primeneniya v grazhdanskoj aviatsii [Perspective the fire safe textile materials for application in civil aviation]: avtoref. dis. ... kand. tehn. M.: GOU VPO RosZITLP. 2004. 16 s.
3. Gunyaev G.M., Krivonos V.V., Rumyansev A.F., Zhelezina G.F. Polimernye kompozicionnye materialy v konstrukciyah letatelnyh apparatov [Polymer composite materials in aircraft structure] //Konversiya v mashinostroenii. 2004. №4 (65). С. 65–69.
4. Barbotko S.L., Dementeva L.A., Serzhenkov A.A. Gorjuchest steklo- i ugleplastikov na osnove kleevyh prepregov [Flammability glass and carbon fiber based adhesive prepregs] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2008. №7. С. 29–31.
5. Surnin E.G., Kondrashov Je.K. Pozharobezopasnye dekorativno-otdelochnye materialy [Fire safe decorative and finishing materials] /V kn. Aviacionnye materialy. Izbrannye trudy «VIAM» 1932–2002: Jubilejnyj nauch.-tehnic. sb. M.: MISIS–VIAM. 2002. С. 271–281.
6. Veshkin E.A., Postnov V.I., Zastrogina O.B., Satdinov R.A. Tehnologiya uskorenogo formovaniya sotovyh panelej interera samoleta [Technology of the accelerated formation of cellular panels of an interior of the plane] //Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. T. 15. №4 (4). С. 799–805.
7. Avrasin Ya.D., Borodin M.Ya., Kiselev B.A. Stekloplastiki v aviastroenii [Fibreglasses in aircraft industry] //Авиационная промышленность. 1982. №8. С. 80–84.
8. Sokolov I.I., Kogan D.I., Raskutin A.E., Babin A.N., Filatov A.A., Morozov B.B. Mnogoslojnye konstrukcii so sferoplastikami [Multilayered designs with the sphere plasticity] //Konstrukcii iz kompozicionnyh materialov. 2014. №1. С. 37–42.
9. Kablov E.N. Materialy i himicheskie tehnologii dlya aviacionnoj tehniki [Materials and chemical technologies for the aircraft equipment] //Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2012. T. 82. №6. С. 520–530.
10. Kablov E.N. Innovacionnye razrabotki FGUP «VIAM» GNC RF po realizacii «Strategicheskikh napravlenij razvitiya materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda» [Innovative developments of FSUE «VIAM» SSC of RF on realization of «Strategic directions of the development of materials and technologies of their processing for the period until 2030»] //Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33.
11. Kablov E.N. Himiya v aviacionnom materialovedenii [Chemistry in aviation materials science] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. С. 3–4.
12. Zastrogina O.B., Shvets N.I., Postnov V.I., Serkova E.A. Fenolformaldegidnye svjazuyushhie novogo pokoleniya dlya materialov interera [Phenolformaldehyde binding new generation for interior materials] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 265–272.
13. Strel'nikov S.V., Zastrogina O.B., Veshkin E.A., Shvets N.I. K voprosu o sozdanii vysokoeffektivnyh tehnologij izgotovleniya panelej interera v krupnoseriijnom proizvodstve [To a question of

- creation of highly effective manufacturing techniques of panels of an interior in a large-lot production] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №4. S. 18–24.
14. Serkova E.A., Shvets N.I., Zastrogina O.B., Postnov V.I., Petuhov V.I., Barbotko S.L., Veshkin E.A. Bystrootverzhdaemoe fenolformaldegidnoe svyazujushhee, pererabatyvaemoe po «crush-core» tehnologii, dlya pozharobezopasnyh materialov interera [Quickly cured phenolformaldehyde binding, processed on technology «crush-core», for the fire of safe materials of an interior] /V sb. tezisov dokl. HIH konf. «Konstrukcii i tehnologii poluchenija izdelij iz nemetallicheskih materialov». Obninsk. 2010. S. 70–71.
 15. Dolmatovskij M.G., Sokolov I.I. Osobennosti razrusheniya sotovyh panelej so sferoplastikami [Features of destruction of cellular panels with the sphere plasticity] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2008. №4. S. 19–24.