
Научная статья

УДК 678.8

DOI: 10.18577/2307-6046-2025-0-12-25-36

**ПАНЕЛИ ПОЛА САЛОНА И БАГАЖНО-ГРУЗОВОГО ОТСЕКА
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
СОВРЕМЕННОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО САМОЛЕТА
Часть 1. Разнообразие требований отечественных разработчиков
воздушных судов к панелям пола салона и багажно-грузового отсека
из полимерных композиционных материалов**

А.А. Баранников¹, Е.А. Вешкин¹, П.В. Шершак,¹ Ан.Р. Галиуллин¹

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва, Россия; admin@viam.ru

Аннотация. Рассмотрены различные подходы отечественных разработчиков авиационной техники к формированию требований для проектирования и производства панелей пола салона и багажно-грузового отсека из полимерных композиционных материалов. Проанализированы требования, предъявляемые к панелям пола и багажно-грузового отсека современных отечественных самолетов МС-21-300, SSJ-NEW, Ил-114-300, Ту-214 и др. с учетом мирового опыта. Рассмотрены проблемы унификации технических требований и возможности применения отечественных разработок в конструкции различных типов воздушных судов.

Ключевые слова: самолет, полимерные композиционные материалы, углепластик, панели пола, салон самолета, багажно-грузовой отсек

Для цитирования: Баранников А.А., Вешкин Е.А., Шершак П.В., Галиуллин Ан.Р. Панели пола салона и багажно-грузового отсека из полимерных композиционных материалов современного отечественного самолета. Часть 1. Разнообразие требований отечественных разработчиков воздушных судов к панелям пола салона и багажно-грузового отсека из полимерных композиционных материалов // Труды ВИАМ. 2025. № 12 (154). Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2025-0-12-25-36.

Scientific article

**FLOOR PANELS OF THE CABIN AND BAGGAGE
AND CARGO COMPARTMENT FROM POLYMER COMPOSITE
MATERIALS FOR MODERN DOMESTIC AIRCRAFT
Part 1. Diversity of requirements of domestic aircraft developers for cabin
and baggage and cargo compartment floor panels from polymer composite materials**

A.A. Barannikov¹, E.A. Veshkin¹, P.V. Shershak,¹ An.R. Galiullin¹

¹Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific-Research Institute of Aviation Materials» of National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia; admin@viam.ru

Abstract. The article examines the differences in approaches of domestic aircraft developers to the formation of requirements for the design and production of cabin floor panels and baggage and cargo compartment made of polymer composite materials. The article examines the analysis of requirements for floor panels and baggage and cargo compartment of modern domestic aircraft: MS-21-300, SSJ-NEW, Il-114-300, Tu-214 and other models, taking into account world experience. The problems of unification of technical requirements and the possibility of using domestic developments in the design of various types of aircraft are considered.

Keywords: aircraft, polymer composite materials, carbon plastic, floor panels, cabin, baggage and cargo compartment

For citation: Barannikov A.A., Veshkin E.A., Shershak P.V., Galiullin An.R. Floor panels of the cabin and baggage and cargo compartment from polymer composite materials for modern domestic aircraft. Part 1. Diversity of requirements of domestic aircraft developers for cabin and baggage and cargo compartment floor panels from polymer composite materials. *Trudy VIAM*, 2025, no. 12 (154), paper no. 03. Available at: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2025-0-12-25-36.

Введение

В настоящее время Российская Федерация подвергается многочисленным и целенаправленным вызовам и угрозам со стороны ведущих стран мира. Санкционная политика, проводимая этими странами, направлена на снижение национальной безопасности Российской Федерации во всех ее аспектах. Одним из таких аспектов является авиационная отрасль, которая в современных условиях имеет особое значение для транспортной системы нашей страны. Воздушный транспорт используется во всех видах сообщений – местном, региональном, магистральном и международном [1].

К 2022 г. гражданский сектор отрасли насчитывал 1287 воздушных судов, принадлежавших различным российским эксплуатантам. При этом парк отечественной авиационной техники, произведенной в Российской Федерации или бывшем Союзе Советских Социалистических Республик, составлял 36,5 %. В этом же году государство столкнулось с выбыванием иностранных воздушных судов и необходимостью ускоренного перехода на отечественную технику, чтобы в перспективе исключить потери численного состава современного авиационного парка и соответствующих объемов перевозок. В этой связи разработана Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года (далее – Программа), в рамках которой предусмотрены ускоренное замещение и поддержание имеющегося парка иностранных воздушных судов, а также увеличение парка отечественной авиационной техники. В рамках Программы к 2030 г. предполагается поставка 994 единиц современной отечественной авиационной техники (табл. 1) [2].

Таблица 1

Прогнозные показатели поставок авиационной техники отечественного производства и доля полимерных композиционных материалов в их конструкции

Модель самолета	Количество, шт.	Доля полимерного композиционного материала в конструкции самолета, % (не более)
МС-21-300	270	40
SSJ-NEW	142	25
Ту-214	115	
Ил-114-300	51	15
ЛМС-192	158	10
ЛМС-901 «Байкал»	139	
ТВРС-44 «Ладога»	105	
Ил-96-300	14	

Отечественная авиационная техника, представленная в Программе, разработана с учетом широкого применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в их конструкциях. Использование ПКМ обусловлено снижением массы, повышением прочности, жесткости и эксплуатационных характеристик элементов конструкции авиационной техники. Этот факт касается не только нагруженных элементов конструкции планера, но и элементов интерьера салона самолета и багажно-грузового отсека (БГО) [3].

Одним из основных элементов интерьера салона самолета и БГО является пол. Конструкция пола представляет собой набор панелей, площадь которых составляет ~ 80 и ≥ 200 м² у региональных и магистральных самолетов соответственно, а масса – от 250 до 500 кг. Комплект панелей пола формируется из заготовок трехслойных сотовых панелей, различающихся по массе и прочностным параметрам в зависимости от их расположения в салоне и БГО авиационной техники [4, 5]. Впервые в отечественной практике создания пассажирских самолетов панели пола из ПКМ (сотовые и многослойные) использованы при проектировании самолета Ил-96-300 [6].

В настоящее время из восьми отечественных самолетов, представленных в Программе, лишь к панелям пола самолета МС-21-300 предъявляют особые требования по прочности и жесткости. При этом необходимо отметить, что из всех представленных воздушных судов только в конструкции самолета Ил-114-300 применяются панели пола, полностью изготовленные из отечественных материалов, разработанных в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ.

Если в случаях с самолетами МС-21-300, SSJ-NEW, Ту-214, Ил-114-300, ЛМС-192, ЛМС-901 «Байкал» и ТВРС-44 «Ладога» вопрос внедрения панелей пола разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ остается лишь за принятием разработчиком соответствующего решения, то в случае с самолетом МС-21-300 необходимо разработать панели пола с необходимыми характеристиками, соответствующими техническим требованиям.

При проектировании конструкций панелей пола из ПКМ необходимо руководствоваться требованиями норм летной годности (АП-25), принимать во внимание разнообразие индивидуальных требований разработчиков воздушных судов, существующие типовые решения и возможность получения новых проектных решений. В свою очередь при разработке новых решений необходимо учитывать технологические, материаловедческие, производственные факторы и ряд специфических требований к панелям пола современных пассажирских самолетов: обеспечение стойкости к ударным и другим сосредоточенным нагрузкам (продавливание каблуком дамских туфель, циклическое нагружение роликами тележки с продуктами и др.) [4]. В связи с тем, что ПКМ являются в различной степени пожароопасными [7], ведущие мировые компании работают над созданием таких материалов, которые будут отвечать сбалансированному комплексу физико-механических свойств, огнестойкости и токсичности, а также экономической эффективности.

До того как ПКМ начали активно внедрять в конструкции авиационной техники, панели пола изготавливали в виде трехслойной конструкции с обшивками из таких материалов, как фанера, стеклотекстолит КАСТ-В, листовой алюминий, в качестве наполнителей использовали пенопласт или алюминиевые соты [8]. Применение ПКМ нового поколения позволяет добиться среднего снижения массы 1 м² панелей пола более чем на 30 %. При этом важно учитывать, что снижение массы не должно влиять на конструкционные характеристики разных типов панелей пола, используемых в различных видах самолетов и на их конкретных участках, т. е. панели пола при минимально возможной массе должны иметь достаточную жесткость и прочность. При передвижении пассажиров по салону самолетов должно быть обеспечено ощущение достаточной жесткости конструкции через тактильные ощущения приемлемо малых прогибов [9–11].

Работа выполнена в рамках реализации комплексной проблемы 13.2. «Конструкционные ПКМ» [12].

Материалы и методы

Достижение поставленной задачи невозможно без аналитического обзора состояния вопроса в отечественном авиастроении. Обзор проведен на основе изучения широкого круга российских и зарубежных научно-технических журналов и патентов,

освещающих современное состояние вопроса. В исследовании использованы фонды НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, РГБ, ГПНТБ, НЭБ eLIBRARY.RU, ВПТБ, официальные сайты производителей панелей пола, базы данных в сети Интернет.

Результаты

В настоящее время в Российской Федерации существуют четыре независимых друг от друга разработчика авиационной техники, чьи изделия до 2030 г., в соответствии с планами правительства, будут обеспечивать полный объем авиационных перевозок в стране и их рост: ПАО «Яковлев», ПАО «Ил», АО «Туполев», АО «УЗГА». Как правило, в конструкции пола воздушных судов представленных разработчиков различают четыре типа панелей пола в зависимости от зоны расположения: I – в подкресельной зоне, II – в зоне проходов, III – в сервисной зоне (вход/выход), IV – в БГО. На рис. 1–5 представлен пол салона и БГО самолетов SSJ-100/SSJ-NEW, Ил-114-300, МС-21-300, Ту-214 и Ил-96-300. Несмотря на унификацию расположения по самолету требования к панелям пола в конкретных зонах существенно различаются.

Так, в 2008 г. разработчик самолета SSJ-100 для каждого типа панелей пола в самолете сформировал технические требования (табл. 2) на базе заготовок панелей пола (ЗПП) Fibrelam Grade (компания Hexcel, США).

Таблица 2

Изменение технических требований к панелям пола самолета SSJ-100/SSJ-NEW [3]

Показатель	Тип панели	Значения показателей в соответствии с техническими требованиями	
		2008 г.	2023 г.
Разрушающее усилие при изгибе длинной балки перпендикулярно направлению склейки сот, Н (не менее)	I	1100	1100
	II	1400	1400
	III	2450	2450
	IV		1400
Разрушающее усилие при изгибе короткой балки перпендикулярно направлению склейки сот, Н (не менее)	I	2040	2520
	II	3480	
	III	3400	
	IV		
Усилие отслаивания обшивки от сотового заполнителя, Н/76 мм (не менее)	I	290	200
	II	330	
	III	200	
	IV		
Прочность при сдвиге в плоскости листа, Н/мм (не менее)	I	53	40
	II		
	III		
	IV		

Примечание. Данные 2008 г. представлены для самолета SSJ-100, 2023 г. – для самолета SSJ-NEW.

В части требований по горючести все разработчики авиационной техники ориентируются исключительно на положения АП-25: для панелей пола I, II и III типов – Приложение F, Часть I (a)(1)(i), (b), IV типа – Приложение F, Часть I (a)(1)(ii), (b) и (a)(2)(iii), (b). Поэтому в данной работе требования по горючести отдельно не рассматриваются. При этом следует обратить внимание на то, что проблема обеспечения пожарной безопасности остается актуальной при разработке ПКМ, доля которых в составе авиационных конструкций, включая элементы интерьера, постоянно возрастает [13].

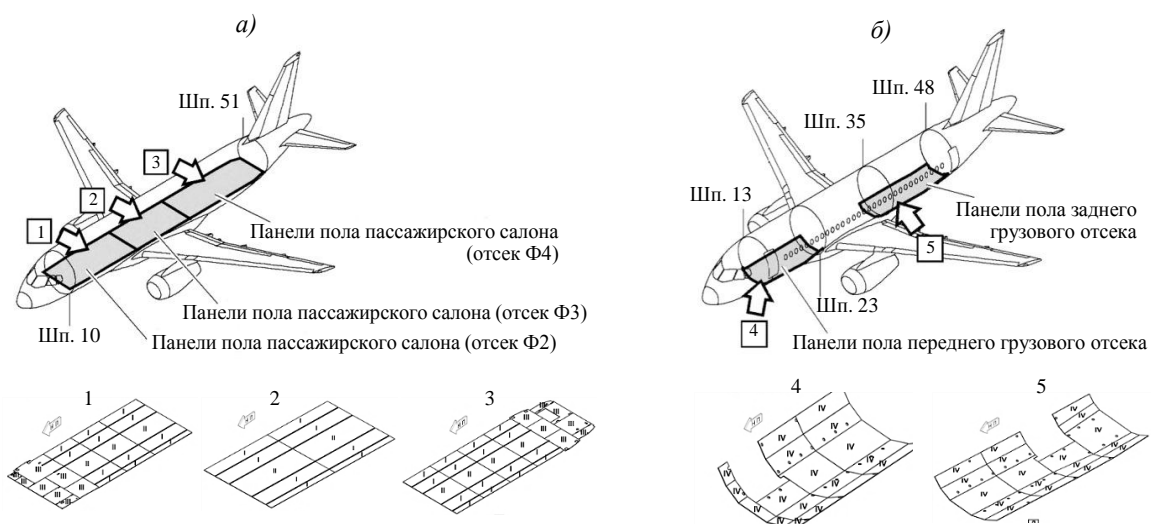


Рис. 1. Панели пола салона (а) и багажно-грузового отсека (б) самолета SSJ-100

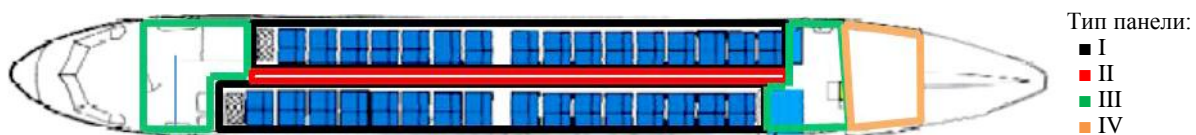


Рис. 2. Панели пола салона и багажно-грузового отсека самолета Ил-114-300

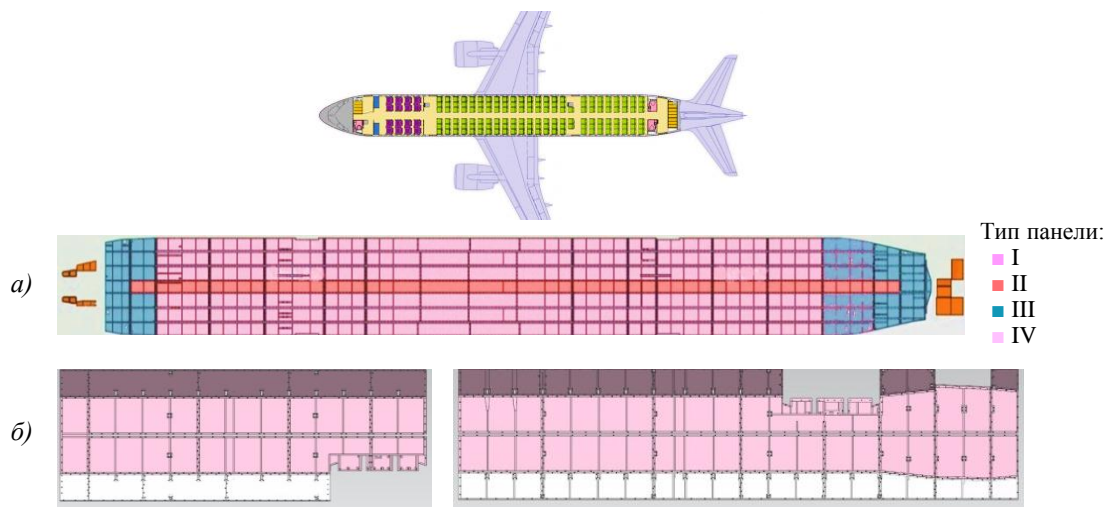


Рис. 3. Панели пола салона (а) и багажно-грузового отсека (б) самолета МС-21-300

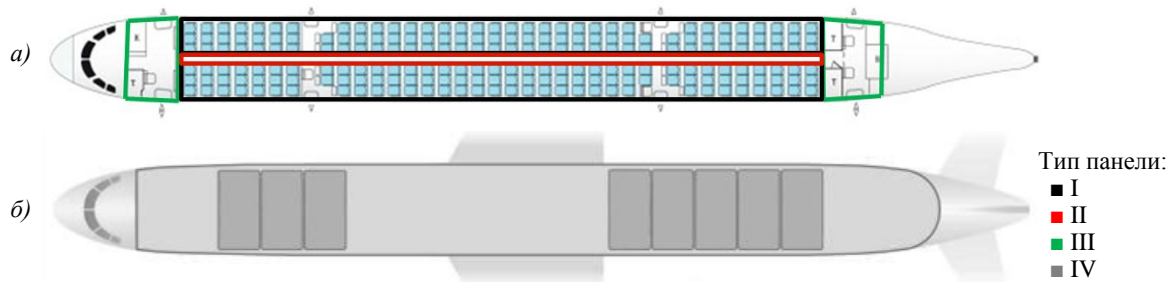


Рис. 4. Панели пола салона (а) и багажно-грузового отсека (б) самолета Ту-214

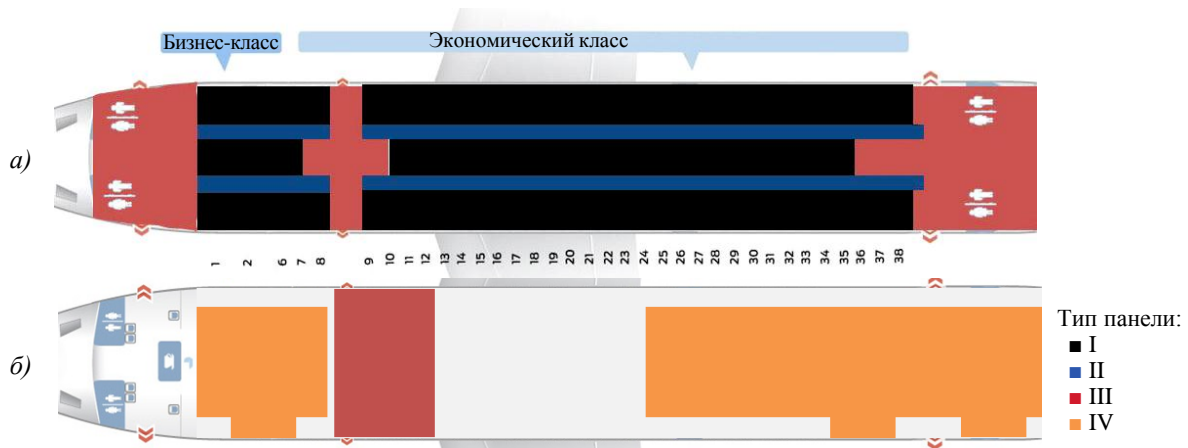


Рис. 5. Панели пола салона (а) и багажно-грузового отсека (б) самолета Ил-96-300

С учетом данных ранее проведенных работ по внедрению ЗПП производства компании Hexcel в конструкцию самолетов Ту-204 и Ту-2014 (АО «Туполев») уточнены свойства производимых ЗПП. В результате требования к ЗПП были скорректированы, выпущены ТУ 752.001–01, на которые впоследствии могли ориентироваться другие разработчики воздушных судов.

При формировании технических требований в 2008 г., помимо массово-прочностных и эксплуатационных показателей, разработчик регламентировал состав ЗПП. Учитывая тот факт, что в 2008 г. в стране отсутствовали ПКМ для изготовления ЗПП, разработчик рассматривал в качестве основных материалы зарубежных компаний Hexcel (США) или Gurit (Швейцария). Объясняя необходимость унификации с импортными воздушными судами (ЗПП проходили по спецификации Boeing BMS4-17), заготовки панелей пола поставляла вначале компания Hexcel (США), а затем вплоть до 2014 г. – ее дочерняя компания AIM Altitude UK Ltd (Великобритания) [14].

В 2014 г., учитывая геополитическую обстановку, разработчик самолета SSJ-100 начал поиск поставщика ЗПП внутри страны. Разработчик сформировал разные технические требования к ЗПП с обшивками из стекло- и углепластика. Технические требования были направлены в ряд организаций, в том числе в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, АО НИАТ, ООО ЦАТИ.

В ходе проведения опытных работ по производству панелей пола в АО НИАТ установлено, что при заданных разработчиком параметрах исходных полуфабрикатов крайне трудно получить необходимые характеристики ЗПП с учетом того, что исходные материалы могут поставляться с определенным допустимым разбросом значений свойств. В таком случае необходимо было делать селективный отбор исходных материалов, к чему зарубежные поставщики полуфабрикатов были не готовы. Кроме того, разработчик воздушного судна выдвигал строгие требования к дымообразованию (компонентам дыма), в то время как во всей мировой практике поставок эти требования считались факультативными (обязательные требования предъявляются только к горючести) и практически невыполнимыми для панелей пола, которые, в отличие от других трехслойных интерьерных панелей, изготавливали из препрегов на основе не фенольного, а эпоксидного связующего для достижения необходимых механических свойств [3, 4].

Параллельно с работами, проводимыми АО НИАТ, разработчик согласовал технические требования с компанией AIM Altitude UK Ltd, которая вплоть до 2020 г. поставляла соответствующие им ЗПП [14]. Однако с ужесточением санкционной политики поставки были прекращены.

В итоге полученный технический задел стал основой для формирования технических требований к панелям пола самолета SSJ-NEW, который начали проектировать в 2019 г. В табл. 2 представлены технические требования, которые претерпели значительные изменения с 2008 г.

Следует отметить, что с момента изготовления первого серийного самолета SSJ-100 (2008 г.) прошло 17 лет, выпущено 232 машины (с 2019 г. выпущено 67 машин). В процессе эксплуатации по истечении определенного налета панели пола требуют замены на аналогичные. Складские запасы ЗПП производства компании AIM Altitude UK Ltd не безграничны. В связи с этим возникает острая необходимость в разработке ЗПП отечественного производства, соответствующих требованиям ПАО «Яковлев». В настоящее время эту проблему пытается решить ряд предприятий нашей страны путем внедрения отечественных материалов в конструкцию самолета SSJ-100, а впоследствии – в модель SSJ-NEW.

В это же время проблемным вопросом являлось обеспечение панелями пола самолета Ил-114-300. Разработчик ПАО «Ил» для своего самолета сформировал технические требования к ЗПП (табл. 3) с учетом опыта применения ЗПП производства компании AIM Altitude UK Ltd на самолетах SSJ-100 и Ан-148.

Таблица 3

Технические требования к панелям пола самолетов Ил-114-300, Ил-96-300 и Ту-214 [15]

Показатель	Тип панели	Значения показателей для панелей				
		компании AIM Altitude UK Ltd	разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ для самолета Ил-114-300	согласно техническим требованиям для самолета		
				Ил-96-300	Ту-214	
Масса 1 м ² , кг (не более)	I	2,5	2,34	1,6	2,53	
	II	3,0	3,00		1,8	3,12
	III	3,6				3,80
	IV					5,36
Прочность при сжатии, МПа (не менее)	I	5	10,5	3,43	4,13	
	II	13			11,03	
	III				17,24	
	IV				1023	
Разрушающее усилие при изгибе длинной балки перпендикулярно направлению склейки сот, Н (не менее)	I	1100	1245	1020	1023	
	II	1300	2550		1422	1424
	III	1700				2002
	IV					21,6
Прогиб при усилнии 445 Н, мм (не более)	I	14	10	30,0	21,6	
	II	15	8			20,0
	III				12,7	
	IV				305	
Усилие отслаивания обшивки от сотового заполнителя, Н/76 мм (не менее)	I	392	459			
	II		305			
	III					
IV						

Конструкторы ПАО «Ил» прежде всего учитывали тот факт, что на момент конструкторской проработки самолета ЗПП из российских материалов отсутствовали на рынке, а ПАО «Ил» – ВАСО в рамках кооперации внутри контура ПАО ОАК занималось доводкой ЗПП компании AIM Altitude UK Ltd до панелей пола (устанавливались втулки крепления, торцы панелей и места размещения втулок крепления заполнялись полимерной синтактной пастой). Однако в связи с санкционным давлением со стороны

западных стран прекратились поставки импортных ЗПП, исходных компонентов, препрегов, а в 2020 г. – полимерной бумаги Nomex для изготовления полимеросотопласта марки ПСП-1 производства ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина.

В кратчайшие сроки, используя научно-технический задел, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ при участии специалистов ПАО «Ил» разработал ЗПП на основе препрегов с пониженной горючестью [16, 17] полностью из российских компонентов. Новые разработки внесены в конструкторскую документацию, на них оформлена вся необходимая нормативная документация (ТУ 1-595-УНТЦ-1930–2021) и в течение 2021 г. освоено их серийное производство (табл. 3) [3]. Учитывая невозможность поставки на тот момент полимеросотопласта марки ПСП-1, использовали сотовый наполнитель марки ССП-1-2,5 производства ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина. В 2021 г. поставлен самолетокомплект на самолет Ил-114-300 (№ 0110).

Проведено сравнение технических требований, предъявляемых к ЗПП для самолетов Ил-96-300 и Ту-214 [5, 15] (табл. 3), и результатов, полученных НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ. Можно сделать вывод, что при принятии соответствующего решения разработчиком ЗПП разработки НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ могут быть применены в конструкции данных самолетов.

Рассматривая в целом ситуацию с ЗПП, которые используются в качестве настила пола и не интегрированы в силовую схему самолета, можно утверждать, что на рынке присутствует конкуренция. Требования разработчиков, предъявляемые к ЗПП, максимально схожи (с небольшими допущениями). В итоге как минимум пять организаций могут поставлять ЗПП, соответствующие требованиям разработчиков самолетов SSJ-100/SSJ-NEW, Ту-214, Ил-114-300, Ил-96-300, ТВРС-44 «Ладога». Решение вопроса о применимости ЗПП того или иного поставщика остается за заказчиком, который будет учитывать прежде всего ценовую политику, локализацию и производственные мощности, наличие в конструкции максимального количества отечественных компонентов.

Ситуация с ЗПП для самолета МС-21-300 более сложная. В настоящее время в Российской Федерации отсутствуют ЗПП с характеристиками, которые обеспечили бы возможность выполнить требования разработчика к панелям пола для данного воздушного судна. При проектировании самолета данные ЗПП предполагалось получать из-за рубежа. Разработчик ориентировался на ЗПП компании The Gill Corporation (США) [18].

Анализ данных показывает, что требования к панелям пола самолета МС-21-300, предъявляемые в 2015 г., полностью соответствуют показателям продукции компании The Gill Corporation, в частности показателям панелей марок Gillfloor 4709, Gillfloor 4809, Gillfloor 4417 и Gillfab 4223. За 10 лет технические требования претерпели незначительные изменения в сторону смягчения, однако по-прежнему остаются одними из самых «жестких» по сравнению с требованиями других разработчиков воздушных судов в Российской Федерации.

Стратегические направления развития разработок НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ нацелены на решение проблемы импортозамещения и создания перспективных материалов с улучшенными показателями, не уступающих лучшим зарубежным материалам-аналогам и обеспечивающих главные потребности отечественного авиастроения. Возможным решением задачи по импортозамещению панелей пола салона самолета и БГО станет реализация мероприятия «Разработка комплекса материалов и технологий их изготовления для конструкций заготовок панелей пола салона самолета и заготовок боковых, потолочных панелей и панелей пола багажно-грузового отсека, соответствующих требованиям авиационных правил АП-25»,

проводимого в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства» [19, 20].

Обсуждение и заключения

Исходя из изложенного, можно утверждать, что для обеспечения самолета МС-21-300 ЗПП необходимо решить технически сложные задачи, главная из которых – разработка комплекса ПКМ и панелей пола салона самолета и БГО на их основе. При этом необходимо учесть множество факторов, связанных с материаловедческими и технологическими вопросами. Этим проблемам будет посвящена вторая часть данной работы.

Необходимо уточнить, что в сложившейся ситуации нельзя забывать о более 800 воздушных судах иностранного производства, где также используются как силовые, так и несилловые панели пола. В процессе эксплуатации панели пола выходят из строя и требуют замены. В настоящее время этой проблемой озадачены ведущие авиакомпании страны: ПАО «Аэрофлот», АО «Авиакомпания «Сибирь», АО «Россия» и др. Вопрос внедрения отечественных панелей пола в конструкцию иностранных воздушных судов, соответствующих спецификациям BMS и AIMS, остается открытым и в компетенции данных компаний, так как они обладают сертификатом разработчика авиационной техники ФАП-21J с расширенными полномочиями, позволяющими разрабатывать модификации и проводить нестандартные ремонты воздушных судов и конструктивных элементов самолетов.

Работа проведена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Министерство) в рамках Соглашения № 075-11-2025-011 между Министерством и Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» на основании Распоряжения Правительства Российской Федерации № 1789-р от 04.07.2023 об утверждении комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства» [19].

Список источников

1. Самойлов И.А., Лесничий И.В., Самойлов В.И., Кипчарский Д.А. Состояние и перспективы развития парка воздушных судов гражданской авиации России // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2014. № 4 (315). С. 9–16.
2. Распоряжение правительства Российской Федерации от 25 июля 2022 г. № 1693-р «Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года». URL: <http://government.ru/docs/all/141773/> (дата обращения: 12.08.2025).
3. Вешкин Е.А., Сатдинов Р.А., Баранников А.А. Современные материалы для салона самолета // Труды ВИАМ. 2021. № 9 (103). Ст. 04. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 26.08.2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-9-33-42.
4. Шокин Г.И., Шершак П.В., Андрионина М.А. Опыт разработки и освоения производства сотовых панелей пола ЛА из отечественных материалов // Авиационная промышленность. 2017. № 1. С. 32–39.
5. Баранников А.А., Вешкин Е.А., Постнов В.И., Стрельников С.В. К вопросу производства панелей пола из ПКМ для летательных аппаратов (обзорная статья) // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. Т. 19. № 4 (2). С. 198–213.

6. Фейгенбаум Ю.М., Бутушин С.В., Божевалов Д.Г., Соколов Ю.С. Композиционные материалы и история их внедрения в авиационные конструкции // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2015. № 7 (318). С. 24–37.
7. Барботько С.Л., Кириллов В.Н., Шуркова Е.Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 3 (24). С. 56–63.
8. Душин М.И., Ермолаев А.М., Катырев И.Я. и др. Углепластики в панелях пола трехслойной конструкции // Авиационная промышленность. 1978. № 6. С. 8–12.
9. Стрельников С.В., Петухов В.И., Постнов В.И., Швец Н.И. Новые решения в технологии изготовления препрегов для панелей интерьера // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13. № 4 (2). С. 498–507.
10. Комаров В.А., Куцевич К.Е., Павлова С.А., Тюменева Т.Ю. Оптимизация трехслойных сотовых панелей пола из полимерных композиционных материалов пониженной горючести на основе высокопрочных углеродных и стеклянных волокон и клеевого связующего // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2020. № 3. С. 51–72.
11. Комаров В.А., Павлова С.А. Учет требований жесткости при проектировании трехслойных конструкций панелей пола самолета из высокопрочных композиционных материалов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2021. № 2. С. 45–52.
12. 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. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
13. Кан А.Ч., Железина Г.Ф., Кулагина Г.С., Аюпов Т.Р. Пожаробезопасность конструкционных органопластиков, армированных арамидными тканями // Авиационные материалы и технологии. 2022. № 4 (69). Ст. 05. URL: <http://www.journal.viam.ru> (дата обращения: 16.10.2025). DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-4-51-60.
14. Flitelam UNS2 Technical Data // Yumpu: офиц. сайт. URL: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/52337885/aim-composites-ltd-flitelam-uns2-technical-data-lindberg-lund-as> (дата обращения: 04.09.2025).
15. Ильюшенков С.Ф., Батизат Д.В., Середута П.И. Разработка трехслойных сотовых панелей пола пассажирских самолетов из полимерных композитов // Полимерные материалы. 2025. № 3 (310). С. 14–21.
16. Старков А.И., Куцевич К.Е., Тюменева Т.Ю., Петрова А.П. Клеевые препреги пониженной горючести, предназначенные для изготовления интегральных и трехслойных сотовых конструкций авиационной техники // Труды ВИАМ. 2022. № 5 (111). Ст. 04. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 16.10.2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-5-41-52.
17. Сарычев И.А., Серкова Е.А., Хмельницкий В.В., Застрогина О.Б. Термореактивные связующие для материалов панелей пола летательных аппаратов (обзор) // Труды ВИАМ. 2019. № 7 (79). Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.09.2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-7-26-33.
18. Product Data Sheets // The Gill Corporation: офиц. сайт. URL: <https://www.thegillcorp.com/product/> (дата обращения: 04.09.2025).
19. Распоряжение правительства Российской Федерации от 04 июля 2023 г. № 1789-р «Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства». URL: <http://government.ru/docs/all/148638/> (дата обращения: 16.10.2025).
20. Старцев В.О., Антипов В.В., Славин А.В., Горбовец М.А. Современные отечественные полимерные композиционные материалы для авиастроения (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2023. № 2 (71). Ст. 10. URL: <http://www.journal.viam.ru> (дата обращения: 16.10.2025). DOI: 10.18577/2713-0193-2023-0-2-122-144.

References

1. Samoilov I.A., Lesnichy I.V., Samoilov V.I., Kipcharsky D.A. Status and Development Prospects of the Russian Civil Aviation Fleet. *Nauchnyy vestnik GosNII GA*, 2014, no. 4 (315), pp. 9–16.
2. Order of the Government of the Russian Federation of July 25, 2022 No. 1693-r «Comprehensive Program for the Development of the Air Transport Industry of the Russian Federation until 2030». Available at: <http://government.ru/docs/all/141773/> (accessed: August 12, 2025).
3. Veshkin E.A., Satdinov R.A., Barannikov A.A. Modern materials for the aircraft cabin. *Trudy VIAM*, 2021, no. 9 (103), pp. 33–42. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: August 26, 2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-9-33-42.
4. Shokin G.I., Shershak P.V., Andryunina M.A. Experience in the Development and Implementation of Production of Aircraft Honeycomb Floor Panels from Domestic Materials. *Aviatsionnaya promyshlennost*, 2017, no. 1, pp. 32–39.
5. Barannikov A.A., Veshkin E.A., Postnov V.I., Strelnikov S.V. On the Production of PCM Floor Panels for Aircraft (review article). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2017, vol. 19, no. 4 (2), pp. 198–213.
6. Feigenbaum Yu.M., Butushin S.V., Bozhevalov D.G., Sokolov Yu.S. Composite Materials and the History of Their Implementation in Aircraft Structures. *Nauchnyy vestnik GosNII GA*, 2015, no. 7 (318), pp. 24–37.
7. Barbotko S.L., Kirillov V.N., Shurkova E.N. Fire safety evolution for polymer composites of aeronautical application. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2012, no. 3, pp. 56–63.
8. Dushin M.I., Ermolaev A.M., Katyrev I.Ya. et al. Carbon fiber-reinforced plastics in floor panels of three-layer construction. *Aviatsionnaya promyshlennost*, 1978, no. 6, pp. 8–12.
9. Strelnikov S.V., Petukhov V.I., Postnov V.I., Shvets N.I. New solutions in the technology of manufacturing prepregs for interior panels. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2011, vol. 13, no. 4 (2), pp. 498–507.
10. Komarov V.A., Kutsevich K.E., Pavlova S.A., Tyumeneva T.Yu. Optimization of Three-Layer Honeycomb Floor Panels Made of Low-Combustibility Polymer Composite Materials Based on High-Strength Carbon and Glass Fibers and an Adhesive Binder. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie*, 2020, no. 3, pp. 51–72.
11. Komarov V.A., Pavlova S.A. Consideration of Stiffness Requirements in the Design of Three-Layer Aircraft Floor Panel Structures Made of High-Strength Composite Materials. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie*, 2021, no. 2, pp. 45–52.
12. Kablov E.N. 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». *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2015, no. 1 (34), pp. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
13. Kan A.Ch., Zhelezina G.F., Kulagina G.S., Ayupov T.R. Fire safety of structural organic plastics reinforced with aramid fabrics. *Aviation materials and technologies*, 2022, no. 4 (69), pp. 51–60. Available at: <http://www.journal.viam.ru> (accessed: October 16, 2025). DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-4-51-60.
14. *Flitelam UNS2 Technical Data*. Available at: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/52337885/aim-composites-ltd-flitelam-uns2-technical-data-lindberg-lund-as> (accessed: September 04, 2025).
15. Ilyushenkov S.F., Batizat D.V., Sereduta P.I. Development of three-layer honeycomb floor panels for passenger aircraft made of polymer composites. *Polimernye materialy*, 2025, no. 3 (310), pp. 14–21.
16. Starkov A.I., Kutsevich K.E., Tyumeneva T.Yu., Petrova A.P. Low-combustibility adhesive prepregs designed for the manufacture of integral and three-layer honeycomb structures aircraft technology. *Trudy VIAM*, 2022, no. 5 (111), paper no. 04. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: October 16, 2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-5-41-52.
17. Sarychev I.A., Serkova E.A., Khmel'nitsky V.V., Zastrogin O.B. Thermosetting binders for aircraft floor panel materials (review). *Trudy VIAM*, 2019, no. 7 (79), paper no. 03. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: September 04, 2025). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-7-26-33.

18. *Product Data Sheets*. Available at: <https://www.thegillcorp.com/product/> (accessed: September 04, 2025).
19. *Order of the Government of the Russian Federation dated July 4, 2023 No. 1789-r «Comprehensive scientific and technical program for the full innovation cycle «New composite materials: design and production technologies»*. Available at: <http://government.ru/docs/all/148638/> (accessed: October 16, 2025).
20. Startsev V.O., Antipov V.V., Slavin A.V., Gorbovets M.A. Modern domestic polymer composite materials for aviation industry (review). *Aviation materials and technologies*, 2023, no. 2 (71), pp. 122–144. Available at: <http://www.journal.viam.ru> (accessed: October 16, 2025). DOI: 10.18577/2713-0193-2023-0-2-122-144.

Информация об авторах

Баранников Александр Александрович, начальник лаборатории, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, admin@viam.ru

Вешкин Евгений Алексеевич, начальник филиала, к.т.н., НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, admin@viam.ru

Шершак Павел Викторович, заместитель начальника лаборатории, к.т.н., НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, admin@viam.ru

Галиуллин Антон Рашидович, инженер-технолог 1 категории, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, admin@viam.ru

Information about the authors

Alexander A. Barannikov, Head of Laboratory, NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, admin@viam.ru

Evgeniy A. Veshkin, Head of USTC, Candidate of Sciences (Tech.), NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, admin@viam.ru

Pavel V. Shershak, Deputy Head of Laboratory, Candidate of Sciences (Tech.), NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, admin@viam.ru

Anton R. Galiullin, First Category Engineer-Technologist, NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, admin@viam.ru

Статья поступила в редакцию 20.11.2025; одобрена и принята к публикации после рецензирования 26.11.2025.

The article was submitted 20.11.2025; approved and accepted for publication after reviewing 26.11.2025.