



## БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 614.841.345:629.7.042.2

### ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ, ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ТРЕБОВАНИЯ К ПОЛИМЕРНЫМ МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВНЕШНЕГО КОНТУРА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

С.Л. Барботько

*В связи с необходимостью изготовления транспортных самолетов, имеющих высокую экономичность и пассажироместимость, и повышения пожарной безопасности авиационной техники в мировой практике осуществляется расширение использования полимеров в качестве конструкционных материалов. В статье рассмотрены вопросы изменения пожарной безопасности авиационной техники при замене обшивок внешнего контура, выполненных из алюминиевых сплавов, на обшивки, изготовленные из полимерных композиционных материалов. Проанализированы методы оценки пожарной безопасности конструкционных материалов, находящихся на внешней поверхности изделия и подверженных воздействию пламени от пожара растёкшегося топлива. Показано, что на настоящий момент полимерные композиционные материалы ещё не обеспечивают существенного повышения пожарной безопасности: повышение стойкости к сквозному прогоранию нивелируется способностью распространять пламя по поверхности.*

**Ключевые слова:** *пожарная безопасность, полимерные материалы, ПКМ, авиационные требования, методы испытаний, внешний контур самолёта, композиционный фюзеляж.*

**Введение.** Развитие мировой производственной интеграции, расширение взаимного сотрудничества различных регионов диктует необходимость увеличения пассажирских и грузовых транспортных потоков. Для реализации данных потребностей необходимо использование транспорта, обеспечивающего быстрые перевозки больших объемов на любые расстояния. Для реализации этой цели необходимо решение задачи по созданию большегрузных, в том числе пассажирских, самолетов. Ведущими мировыми авиастроительными корпорациями запланированы разработка и выпуск

самолетов, обеспечивающих одновременную перевозку до 1000 пассажиров [1-2]. Конкуренспособные изделия должны будут иметь меньшую массу и расход топлива в расчете на 1 пассажиро- или 1 килограммо-километр. Решение этой задачи невозможно без использования материалов нового поколения, в том числе полимерных композиционных (ПКМ) и гибридных материалов. Снижение массы конструкции самолета В-757 всего на 1400 кг (4%) обеспечило экономию до 300 т топлива в год.

В конструкции В-787 доля ПКМ составляет около 50 % и, по разным источникам, использовано 35...50 т ПКМ взамен алюминиевых сплавов, за счет чего масса фюзеляжа снижена на 20% [3-6].

Повышение пассажироместимости авиационной техники диктует необходимость повышения требований к обеспечению безопасности пассажиров в случае летных происшествий. Наиболее сложными для обеспечения выживаемости пасса-

---

**Барботько Сергей Львович**, начальник лаборатории, кандидат тех. наук, ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ)», ГНЦ РФ, г. Москва;  
e-mail: slbarbotko@yandex.ru

жиров являются ситуации, связанные с разливом и воспламенением топлива, возникновением и развитием внешнего пожара. Алюминиевые сплавы, широко применяемые в настоящее время для изготовления внешнего контура авиационной техники (фюзеляж, крыло, рули направления и высоты, и др.), не способны обеспечить длительную огнестойкость конструкции, в результате чего пламя и раскаленные продукты горения быстро проникают во внутренние отсеки [7-10]. Одним из возможных путей решения данной проблемы может быть использование полимерных композиционных или металл-полимерных гибридных материалов [10-12].

Авиационная техника имеет длительные сроки службы (20 и более лет) и может эксплуатироваться в различных климатических условиях. За время эксплуатации необходимо избежать существенного снижения физико-механических характеристик основных конструктивных элементов планера (Авиационные правила, п.609) [13]. Алюминиевые сплавы подвержены коррозии, имеют склонность к распространению трещин и усталостному разрушению при воздействии циклических нагрузок. Эти проблемы также могут быть решены в случае использования ПКМ.

При создании авиационной техники оборонно-военного назначения должны быть решены задачи по снижению заметности и обеспечению высокой маневренности. Решение этих задач также невозможно без широкого использования высокомодульных полимерных конструкционных материалов и полимерных материалов специального назначения [6, 14-15].

Содержание полимерных материалов в конструкциях авиационной техники постоянно растет и в настоящее время достигает 50-70 %, причем для крупных транспортных самолетов их масса может превышать 50 т [4]. Подавляющее большинство полимерных материалов является углерод- и водородсодержащими органическими соединениями, способными к термоокислительной деструкции при воздействии повышенных температур и/или открытого пламени. Кроме атомов углерода, кислорода и водорода многие полимеры также содержат атомы азота, серы, в качестве антипиренов в состав полимерной матрицы вводят соединения, содержащие фосфор, мышьяк, сурьму, галогены. В качестве наполнителя используются углеродные, стеклянные, органические и др. волокна. Поэтому при горении ПКМ могут образовываться вещества, имеющие токсические свойства или представляющие другую опасность. Вследствие этого основными условиями широкого применения ПКМ в конструкциях авиационной техники является отсутствие снижения эксплуатационных характеристик и безопасности перевозимых людей [9-12].

Так как алюминиевые сплавы в условиях обычных углеводородных пожаров не горят, то требования по пожарной безопасности к материалам внешнего контура авиационной техники в настоящее время не предъявляются. Зарубежный опыт эксплуа-

тации военной авиационной техники, имеющей большую долю полимерных материалов, показал высокую пожарную опасность использованных полимеров, в том числе для персонала, осуществляющего тушение пожара [6, 14]. Поэтому прежде чем начать широкомасштабное применение ПКМ в конструкциях внешнего контура авиационной техники, необходимо проведение работ, направленных на выбор методов оценки пожарной опасности материалов, определение их реальных и нормирование допустимых характеристик.

Увеличение использования полимерных материалов в авиационной технике выдвигает на первый план возросшее значение понимания их поведения при действии огня и их огнестойкости, чтобы обеспечить безопасность пассажиров. Поэтому Федеральная Авиационная администрация США приняла программу «Fire-Safe Materials», чтобы разработать материалы для использования в самолете, которые способны обеспечить приемлемые для выживания условия в салоне самолета, по крайней мере, в течение 10 – 15 минут в случае топливного пожара после аварийной посадки [16] и создать к 2015 году огнестойкий фюзеляж [8]. В рамках Федеральных целевых программ работы по созданию полимерных материалов повышенной пожарной безопасности различного функционального назначения проводятся и в России (ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года» [17] и др.). Вопросы оценки пожарной безопасности конструкционных материалов, в том числе подвергаемых воздействию различных эксплуатационных и климатических факторов неоднократно рассматривались в различных работах [18-23].

**Анализ условий внешних пожаров авиационной техники.** Большинство аварийных ситуаций происходит на этапах руления, взлета, захода и совершения посадки [7, 14, 24]. При этом высока вероятность разрушения топливных баков и разлива топлива. Большинство (около 70%) таких аварий сопровождается возникновением пожара. Процент же возникновения пожаров в воздухе незначителен [6, 25]. Аварийные ситуации зачастую происходят в неблагоприятных метеорологических условиях и могут быть на значительном удалении от аэродрома, поэтому эвакуация пассажиров должна быть произведена до прибытия на место пожарных расчетов, и огнестойкость корпуса должна обеспечивать заданное время эвакуации.

Пламя, возникающее при горении авиационного топлива, характеризуется как большими размерами очага и высоты, так и тепловым потоком. Среднее значение высоты пламени может достигать 8 м, площадь горения может превышать 1000 м<sup>2</sup>, температура пламени до 1300 °С, а тепловой поток до 300 кВт/м<sup>2</sup> [7]. Алюминиевая обшивка фюзеляжа под действием высокой температуры и огня пожара прогорает в течение 30-90 с, после чего пламя проникает во внутренние отсеки. Внешний вид пассажирских самолетов после таких пожаров приведен, например, в [8].

На настоящий момент времени пожаров пассажирских самолетов транспортной категории, изготовленных с применением большой доли композитов, не было (Boeing 787, Airbus 380), поэтому о реальном изменении пожарной безопасности вследствие применения ПКМ в конструкции самолета, основанной на статистических данных, говорить не приходится. Зафиксированные пожары с самолетами легкой и очень легкой категорий с выполненными из ПКМ фюзеляжами и крыльями показывают, что в случае пожара они выгорают практически полностью и восстановлению не подлежат [6]. Открытые данные по пожарам отечественной авиационной военной техники отсутствуют; данные по зарубежным инцидентам показывают, что для тушения пожаров требуется в 10 раз больше тушащих средств, чем для обычных самолетов той же массы, при этом остаточное горение может продолжаться еще несколько дней. Персонал, участвующий в тушении, может иметь проблемы связанные с ингаляцией мелкодисперсных углеродных частиц [6, 14].

**Анализ основных характеристик пожарной опасности к ПКМ для внешнего контура авиационной техники и методов испытаний, результаты.** В настоящее время к материалам авиационного назначения предъявляются требования по следующим характеристикам пожарной опасности<sup>1</sup> [26]:

- Горючесть (воспламеняемость от контакта с малокалорийным открытым пламенем, способность поддерживать самостоятельное горение и распространять пламя по поверхности).
- Дымообразующая способность (оптическая плотность дыма).
- Тепловыделение при горении.
- Стойкость к сквозному прогоранию, огнестойкость и огнепроницаемость.

Так как условия возникновения и развития очага пожара внутри самолета<sup>2</sup> и внешнего пожара от разлившегося топлива существенно отличаются, то очевидно, что требования по определяемым (нормируемым) характеристикам и методам их оценки должны быть различны.

Поскольку метод оценки горючести согласно требованиям авиационных норм (в любой из его модификаций) подразумевает воздействие пламенем малокалорийного источника огня (лабораторная горелка Бунзена), то очевидно, что выполнение этих требований будет явно недостаточным для признания безопасности использования ПКМ.

Основным аргументом, описывающим преимущества использования ПКМ перед алюминиевыми сплавами, является показатель стойкости к сквоз-

ному прогоранию (огнестойкость). Согласно существующим нормам по сертификации авиационной техники, конструкция самолета должна обеспечить эвакуацию пассажиров в течение 90 с даже при половине заблокированных выходов. С учетом времени, необходимого на подготовку, и коэффициентами запаса, требуется, чтобы сохранялись допустимые условия для выживания в течение 4 мин., поэтому огнестойкость (по критерию отсутствия проникновения пламени) не должна быть меньше 5 мин. ПКМ на основе эпоксидных смол и углеродного или стеклянного наполнителя толщиной более 2 мм выдерживают воздействие пламени с температурой 1000-1100 °С в течение более 15 мин без наличия сквозного прогорания и проникновения пламени на тыльную сторону.

Для осуществления успешного спасения людей необходимо, чтобы выходы, через которые осуществляется эвакуация, не были заблокированы и/или охвачены огнем. То есть необходимо, чтобы пламя даже при воздействии внешнего теплового потока не распространялось по поверхности. Имеется несколько методов, позволяющих оценивать распространение пламени по поверхности материала, например: ГОСТ Р 51032-97 (ГОСТ 30444-97), ASTM E1321 (ISO 5658-2).

ГОСТ Р 51032-97, или его авиационная модификация (АП-25 приложение F часть VI), подразумевает распространение пламени по верхней стороне горизонтально расположенного образца при воздействии внешнего теплового потока. Так как тепловой поток снижается вдоль по длине образца, то на некотором расстоянии от источника воспламенения происходит самопроизвольное погасание. Критический тепловой поток, при котором образец перестает гореть, продолжительность самостоятельного горения, длина и скорость распространения пламени являются характеристиками в данном виде испытания.

Метод ASTM E1321, ISO 5658-2:2006 (для морского флота – IMO<sup>3</sup> FTP<sup>4</sup> Code Part 5) регистрирует распространение пламени вбок по вертикальной поверхности (латеральное). При этом испытании тепловой поток также уменьшается по длине образца. Определяемыми характеристиками являются: критический тепловой поток при затухании, теплота устойчивого горения, общее тепловыделение<sup>5</sup>, пиковая скорость тепловыделения, наличие горящих капель.

В техническом центре FAA разработали несколько методов оценки распространения пламени вверх по поверхности образца, подвергнутого воздействию теплового потока и/или открытого пламени [27, 28]. Проведенные испытания конструкционных ПКМ для авиации показали, что распространение пламени по образцу прекращается только при отсут-

<sup>1</sup> Как уже отмечалось [26], при возможном совпадении терминов, используемые методы определения характеристик различаются для авиационной и строительной отраслей.

<sup>2</sup> В данной работе рассматривается, в первую очередь, пожарная опасность полимерных материалов применительно к большим транспортным пассажирским самолетам, так как именно из них наиболее сложно осуществить своевременную эвакуацию и обеспечить выживаемость пассажиров в случае летных происшествий.

<sup>3</sup> *International Maritime Organization* – Международная морская организация.

<sup>4</sup> *Fire Test Procedure* – Комплекс методик испытаний на пожаробезопасность IMO.

<sup>5</sup> При совпадении написания терминов, касающихся тепловыделения, при испытаниях согласно методу IMO размерность, значения и метод определения существенно отличается от методики используемой в авиационной отрасли.

ствии теплового потока и пламени, инициирующего воспламенение.

Согласно требованиям TSO<sup>6</sup>-С69а материалы спасательных надувных трапов для эвакуации пассажиров должны выдерживать тепловой поток в  $17 \text{ кВт/м}^2$  в течение не менее 90 с [29]. Имеются материалы для спасательных трапов, обеспечивающие длительность их работоспособности, более чем в 10 раз превышающую нормативные требования [30]. Однако образцы перспективного ПКМ распространяли пламя сверху вниз при тепловом потоке свыше  $14 \text{ кВт/м}^2$ , а в горизонтальном положении – при тепловом потоке уже более  $6 \text{ кВт/м}^2$ . Для композиционного материала, использованного при изготовлении фюзеляжа самолета Boeing 787, критический тепловой поток для латерального распространения пламени составляет  $16 \text{ кВт/м}^2$  [28]. То есть по такому материалу пламя пожара может распространиться и охватить рабочие эвакуационные выходы. При попадании открытого пламени в зону эвакуационных выходов спасательные средства (надувные трапы, веревочные лестницы, канаты) утратят свою работоспособность, подавляющее большинство людей психологически не готовы преодолеть зону пламени даже ради своего спасения, через открытые проёмы пламя начнёт воздействовать на материалы внутренней отделки.

Дымообразование и выделение токсичных газов для материалов внешнего контура не является столь критичным, как для материалов внутренней отделки. Но эти факторы могут представлять опасность для специалистов, осуществляющих тушение пожара, и затруднять выполнение работы. Так как конструкция обшивок фюзеляжа предполагает использование сравнительно тонких материалов (2-3 мм), в процессе пожара под воздействием огня и теплового потока полимерная матрица ПКМ станет разлагаться и продукты её термоокислительной деструкции будут выделяться как на внешнюю поверхность, так и вовнутрь. Поэтому контроль характеристик дымообразования и токсичности продуктов горения необходим. Так как условия горения и термодеструкции материалов во внешнем пожаре существенно отличаются от условий возможного очага пожара от малокалорийного источника воспламенения во внутренних отсеках самолета, то и условия испытаний материалов должны быть другими.

Существует целый ряд различных методов для контроля дымообразующей способности материалов. Обычно определение характеристик дымообразования подразумевает измерение оптической плотности дыма в замкнутом объеме испытательной камеры. Например, ГОСТ 12.1.044-89 п.4.18, ГОСТ 24632, ASTM E662 и ASTM F814, ISO 5659-2, ASTM D2843. Возможен контроль оптической плотности и для проточной среды, например при определении тепловыделения согласно ASTM E1354 (ISO 5660-2). Метод ASTM F814 подразумевает измерение дыма при воздействии на образец только пламени горелки, осталь-

ные методы подразумевают использование источника теплового потока с воспламенением образца пламенем пилотной горелки (режим – «горение») или без него (режим – «пирилиз»). ГОСТ 12.1.044-89 п.4.18 предусматривает проведение испытаний при различных тепловых потоках с установлением наиболее жесткого для данного материала режима испытания. Остальные методы предусматривают проведение испытаний при определенных, заранее заданных тепловых потоках ( $25$  или  $50 \text{ кВт/м}^2$ ).

Вышеперечисленные методы определения дымообразования могут быть дополнены или несколько видоизменены для определения токсичности продуктов горения. Это могут быть биоассоциативные методы (по смертности живых организмов), методы, основанные на газовом анализе, или их комбинации (например, ГОСТ 12.1.044-89 п.4.20, BSS<sup>7</sup> 7239, AITM<sup>8</sup> 3.0005, ASTM E1678, ISO 19702, ISO 13344 и др.). Виды и количественные критерии допустимых концентраций газов существенно различаются. Наибольшее количество видов определяемых газов приведено в зарубежном военном стандарте STANAG 4602.

Но эти методы позволяют оценить количество дыма и токсичных веществ, выделяющихся наружу из горящего материала (или с двух поверхностей одновременно). Это позволяет выявить опасность для людей, находящихся вне авиационной техники (спасатели, пожарные), но не для тех, кто ещё находится внутри. Поэтому в Техническом центре FAA (Атлантик Сити, США) и Испытательном центре по аэронавтике (Тулуза, Франция) используется методика определения дымообразования ПКМ при воздействии пламени снаружи [9, 31, 32]. Сущность метода состоит в воздействии пламени керосиновой горелки с температурой  $1000-1100^\circ\text{C}$  на образец размерами  $600 \times 600 \text{ мм}$ , закрепленный на лицевой поверхности камеры объемом в  $1 \text{ м}^3$ . При проведении испытаний контролируется стойкость материала к сквозному прогару (видеосъемка с тыльной стороны образца), оптическая плотность дыма, выделяемого внутрь камеры тыльной стороной материала, виды и количество образующихся газов. Кинетика выделения продуктов термодеструкции регистрируется при помощи FTIR-спектрометра. По результатам проведенных испытаний показано, что количество дыма и токсичных веществ, выделяющихся из ПКМ, как правило, многократно меньше, чем при использовании алюминиевой обшивки и типовой теплозвукоизоляции на основе стекломатов. Результаты лабораторных испытаний подтверждены четверть- и полномасштабными экспериментами [10, 32]. Это объясняется фильтрацией сквозь маты изоляции во внутренние отсеки самолета продуктов горения от разлившегося топлива (преимущественно – углекислый и угарный газ) после сквозного прогорания алюминиевых обшивок и от-

<sup>6</sup> Technical Standard Order – технический стандарт, США.

<sup>7</sup> BSS standards – Boeing Specification Support Standards – технические стандарты корпорации Boeing

<sup>8</sup> AITM – Airbus Industrie Test Method – технический стандарт на проведение испытаний корпорации Airbus Industrie

сутствием проникновения продуктов горения при использовании обшивок из ПКМ.

Характеристики тепловыделения при горении актуальны для оценки скорости развития очага пожара в замкнутом объеме, их влияние на процесс горения внешней обшивки существенно меньше. Однако сопоставление материалов для внешних обшивок самолетов по этим характеристикам также производится. В работе [28] показано, что максимальная интенсивность выделения тепла при горении ПКМ толщиной 3,2 мм, использованного для изготовления обшивки фюзеляжа В-787, превышает показатель для древесной панели толщиной 14,7 мм, как по методу сопел-калориметра (ASTM E1354), так и по методу латерального распространения пламени (ASTM E1321).

Таким образом, на настоящий момент времени, использованные ПКМ для изготовления внешнего контура больших транспортных самолетов не обеспечивают существенного улучшения характеристик пожаробезопасности авиационной техники. Улучшение показателей стойкости к прогоранию и снижение концентраций токсичных газов нивелируется низкой стойкостью к распространению пламени.

Повышение характеристик пожарной безопасности материалов внешнего контура сейчас ведется по нескольким направлениям: использование металл-гибридных полимерных материалов, разработка огнезащитных покрытий и высокотермостойких полимерных связующих для изготовления ПКМ.

Металл-полимерные гибридные материалы, представляющие собой чередование тонких слоев металл (алюминий, титан) и стекло- (СИАЛ, GLARE), угле- или органопластика (АЛОП), имеют огнестойкость выше стекло- или углепластиков, лучше сопротивляются росту трещины, более устойчивы к удару и действию взрывной волны, плохо распространяют пламя по поверхности [33, 28]. Материал GLARE используется для изготовления внешних обшивок фюзеляжа самолета А-380 [28]. Однако в силу более высокой плотности, выигрыш по массе данный тип материала даёт существенно меньший, чем ПКМ.

Огнезащитные покрытия приводят к дополнительному увеличению веса, они подвержены воздействию климатических факторов, в результате чего снижается их эффективность. Поэтому целесообраз-

ность их применения для защиты внешнего контура авиационной техники от внешнего пожара в настоящее время не рассматривается.

Работы по созданию термостойких связующих и ПКМ на их основе ведутся в разных странах мира [35 – 41]. Некоторые сводные данные [42–46] по пожарной опасности металлов, полимеров и ПКМ приведены в таблице. Использование, например, связующих на основе бисфенола или цианэфирабисфенола, полифенилсульфона, полиэфиркарбоната, полиимидов, бисгидроксидиоксибензоин полиакрилатов позволяет существенно повысить пожарную безопасность образцов ПКМ на их основе как для внешнего контура авиационной техники, так и для элементов внутренней отделки. Зафиксировано существенное улучшение большинства регистрируемых характеристик пожарной безопасности. Таким образом, надежды на повышение пожарной безопасности авиационной техники за счет перехода от алюминиевых сплавов к полимерным композиционным материалам в ближайшее время будут претворены в жизнь.

**Выводы.** Проанализированы возможные методы оценки пожарной безопасности, перспективные для оценки и нормирования характеристик пожаробезопасности конструкционных полимерных композиционных материалов, предназначенных для изготовления обшивок внешнего контура авиационной техники.

По литературным данным показано изменение стойкости к сквозному прогоранию, тепловыделению и распространению пламени по поверхности при замене обшивок из алюминиевого сплава на ПКМ. Отмечено, что достигнутые характеристики по стойкости к распространению пламени при воздействии теплового потока для ПКМ использованных при изготовлении самолета В-787 не обеспечивают требований пожарной безопасности для осуществления эвакуации пассажиров в случае внешнего пожара при наземном летном происшествии. Проведено сопоставление характеристик пожарной опасности различных материалов, в том числе использующихся и перспективных для применения на внешнем контуре авиационной техники. Показаны тенденции в разработке высокотермостойких конструкционных полимерных материалов, способных обеспечить необходимые требования по пожарной безопасности.

Таблица. Сравнение пожароопасных свойств различных материалов [42 – 46]

Наименование материала	Характеристики пожарной опасности <sup>9</sup>				
	температура воспламенения и/или термодеструкции, °С	горючесть <sup>10</sup>	дымообразование <sup>11</sup>	тепловыделение <sup>12</sup> , кВт/м <sup>2</sup>	теплота сгорания, кДж/г <sup>13</sup>
1	2	3	4	5	6
Алюминий	320...2500 <sup>14</sup> 933,5 <sup>15</sup>	трудногорающий	практически не выделяет дым	менее 5	31,1
Магний	650	- <sup>16</sup>	-	-	25,0
Железо	- 1811 <sup>15</sup>	трудногорающий	практически не выделяет дым	менее 5	7,3
Титан	350 <sup>14</sup> 1941 <sup>15</sup>	трудногорающий	практически не выделяет дым	-	~20
Углеродное волокно	500...900 <sup>17</sup>	трудногорающий	практически не выделяет дым	менее 5	32,8
Древесина	210...250	сгорающий	существеннодымящий	150...250	16...18
Полиметилметакрилат	300	сгорающий	существеннодымящий	более 800	26,7
Поливинилхлорид	390	самозатухающий	сильнодымящий	100...250	18,2
Фторопласт-4	380...420	трудногорающий	практически не выделяет дым	5...10	4,3
Стеклопластик на полиэфирном (винилэфирном) связующем	-	сгорающий	сильнодымящий	100...150	-
ПКМ (стекло- или углепластик) на эпоксидном связующем	350...420	сгорающий	существеннодымящий	120...180	32...35
ПКМ на эпоксидном огнезащищенном (бромсодержащем) связующем	350...420	самозатухающий	сильнодымящий	90...120	30...32
Стеклопластик на связующем из поликарбоната	400...420	самозатухающий	существеннодымящий	60...90	30...32
Стеклопластик на связующем из полисульфона	420...480	самозатухающий	слабодымящий	60...75	30...31

<sup>9</sup> Определение характеристик пожарной опасности проводилось согласно методам авиационных норм. При определении характеристик использованы образцы материалов с толщинами около 2 мм

<sup>10</sup> Метод испытания и классификация по АП-25 (Приложение F Часть I) и ОСТ 1 90094 (время воздействия пламенем лабораторной горелки – 60 с, допустимая продолжительность остаточного самостоятельного горения – не более 15 с, допустимая длина прогорания – не более 152 мм)

<sup>11</sup> Метод испытания и классификация по ГОСТ 24632-81

<sup>12</sup> Приведены данные по максимальной интенсивности тепловыделения (пик), испытания проведены в соответствии с методом изложенным в АП-25 Приложение F, Часть IV

<sup>13</sup> Для ПКМ приведены теплоты сгорания полимерных связующих.

<sup>14</sup> Для воспламенения необходимо удаление защитной окисной пленки.

<sup>15</sup> Приведена температура плавления металлов. Температуры плавления сплавов на их основе могут существенно отличаться.

<sup>16</sup> В зависимости от марки сплава и обработки поверхности характеристики меняются от «сгорающий» до «трудногорающий»

<sup>17</sup> Здесь и далее: в зависимости от конкретной марки материала.

1	2	3	4	5	6
Стеклопластик на связующем из полиэфирсульфона	500...550	трудногорающий	практически не выделяет дым	15	28,5
Стеклопластик на связующем из полиэфирэфиркетона	550...600	трудногорающий	практически не выделяет дым	5...10	31
Стеклопластик на фенольном связующем	400...550	самозатухающий	слабодымящий	15...70	30...35
Стеклопластик на кремнийорганическом связующем	450...600	трудногорающий	слабодымящий	5...10	-
Стеклопластик на полиимидном связующем	550...650	трудногорающий	практически не выделяет дым	10...35	-
Стеклопластик на алюмофосфатном связующем	-	трудногорающий	практически не выделяет дым	менее 5	0
Металл - полимерный композит (СИАЛ, GLARE)	-	трудногорающий	практически не выделяет дым	менее 5	-
<b>Углеродный пластик для изготовления фюзеляжа самолета В-787</b>	<b>450 (воспламеняется и распространяет пламя при воздействии теплового потока &gt;14 кВт/м<sup>2</sup>)</b>	<b>самозатухающий</b>	<b>среднедымящий</b>	<b>70...300<sup>18</sup></b>	<b>-</b>

**Библиографический список**

**References**

1. **Киселев, В.** Гражданские самолеты: возрастание размеров / В. Киселев //Авиапанорама. - 2002. - №2. 3. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.aviapanorama.ru/2002/05/grazhdanskie-samolety-vozzrastanie-razmerov-2> и <http://www.aviapanorama.ru/2002/07/grazhdanskie-samolety-vozzrastanie-razmerov>. (дата обращения: 26.11.2014).
2. **Decadal Survey of Civil Aeronautics:** Foundation for the Future /Steering Committee for the Decadal Survey of Civil Aeronautics. National Research Council. 2006. 212 p.
3. **Когда горят композиты** // Проблемы безопасности полетов. - 2010. - №4. - С. 49–51.
4. **Du Shanyi.** Advanced composite materials and aerospace engineering //Fuhe cailiao xuebao = Acta Materiae Compositae Sinica. 2007. V. 24. №1. P. 1–12.
5. **Destefany J.** Hole in four ... or more //Cutting tool engineering. 2011. V. 63. №1. P. 34, 36, 38–40.
6. **Pickett B.M., Dierdorf D.S., Wells S.P.** Firefighting and emergency response study of advanced composites aircraft. Objective 2: Firefighting Effectiveness of Technologies and Agents on Composite Aircraft Fires //Air Force Research Laboratory Report AFRL-RX-TY-TR-2011-0047. 2012. 36 p.
7. **Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А.** Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро. Противопожарная защита и тушение пожаров. Кн. 6. / В.В.

1. **Kiselev V.** Grazhdanskie samolety: vozzrastanie razmerov / V. Kiselev // Aviapanorama. - 2002. - №2, 3. <http://www.aviapanorama.ru/2002/05/grazhdanskie-samolety-vozzrastanie-razmerov-2> и <http://www.aviapanorama.ru/2002/07/grazhdanskie-samolety-vozzrastanie-razmerov>.
2. **Decadal Survey of Civil Aeronautics:** Foundation for the Future /Steering Committee for the Decadal Survey of Civil Aeronautics. National Research Council. 2006. 212 p.
3. **Kogda goryat kompozityi** // Problemy bezopasnosti poletov. - 2010. - №4. - S. 49–51.
4. **Du Shanyi.** Advanced composite materials and aerospace engineering //Fuhe cailiao xuebao = Acta Materiae Compositae Sinica. 2007. V. 24. №1. P. 1–12.
5. **Destefany J.** Hole in four ... or more //Cutting tool engineering. 2011. V. 63. №1. R. 34, 36, 38–40.
6. **Pickett B.M., Dierdorf D.S., Wells S.P.** Firefighting and emergency response study of advanced composites aircraft. Objective 2: Firefighting Effectiveness of Technologies and Agents on Composite Aircraft Fires //Air Force Research Laboratory Report AFRL-RX-TY-TR-2011-0047. 2012. 36 p.
7. **Terebnev V.V., Artemev N.S., Grachev V.A.** Transport: nazemnyy, morskoy, rechnoy, vozdushnyy, metro. Protivopozharnaya zaschita i tushenie pozharov. Kn. 6. / V.V. Terebnev, N.S. Artemev, V.A. Grachev // M.: Pozhnauka.

<sup>18</sup> По различным источникам [27, 28, 35]

Теребнев, Н.С. Артемьев, В.А. Грачев // М.: Пожнаука. 2007. - 383 с.

8. **Sarkos G.** Evolution of FAA Fire Safety R&D Over the Years //The Fifth Triennial Fire & Cabin Safety Research Conference, Atlantic City, NJ, October 29 – November 1. 2007 / [http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General\\_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf](http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf).

9. **Le Neve S.** Fire behavior of structural composite materials /In: 5-th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference. Atlantic City. 2007.

10. **Marker T.R.** Development of a Laboratory-Scale Test for Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire //FAA Report DOT/FAA/AR-TN07/15. 2008. 48 p.

11. **Quintiere J.G., Walters R.N., Crowley S.** Flammability Properties of Aircraft Carbon-Fiber Structural Composite //FAA Report DOT/FAA/AR-07/57. 2007. 43 p.

12. **Marker T.R., Speitel L.C.** Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire //FAA Report DOT/FAA/AR-09/58. 2011. 86 p.

13. **Авиационные правила.** Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Межгосударственный авиационный комитет. ОАО «Авиаиздат», 2009. - 267 с.

14. **Mouritz A.P., Gibson A.G.** Fire Properties of Polymer Composite Materials // Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2006. 398 p.

15. **Johnson J.D.** Non-destructive evaluation of aerospace composites /In: Report Air force institute of technology AFIT/GMS/ENP/09-M02, Department of the air force Air university, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio. 2009. 73 p.

16. **Lyon R.E.** Federal aviation administration research in fire safe materials for aircraft interiors /In: Proceedings of the International SAMPE Symposium, 41, (1996), Anaheim, CA, pp. 344-350.

17. **Постановление Правительства РФ** от 05.12.2001 № 848 (ред. от 22.04.2010) «О Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)». Подпрограмма «Гражданская авиация» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)».

18. **Шуркова Е.Н.** Сравнительная оценка пожаробезопасности ПКМ для изготовления элементов внешнего контура авиационной техники / Е.Н. Шуркова, О.С. Вольный, А.Н. Луценко, С.Л. Барботко // Пожаровзрывобезопасность. - 2014. - Т. 23. - №2. - С. 20–27.

19. **Барботко, С.Л.** Пожарная безопасность авиационных материалов обеспечивает безопасность полетов / С.Л. Барботко // Авиационные материалы и технологии. - 2012. - №5. - С. 431–439.

20. **Барботко, С.Л., Шуркова, Е.Н., Вольный, О.С.** Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники / С.Л. Барботко, Е.Н. Шуркова, О.С. Вольный //Авиационные материалы и технологии. - 2013. - №1. - С. 56–59.

21. **Barbotko, S.L.** Ways of providing fire safety of aviation materials // Russian Journal of General Chemistry. 2011. T. 81. №5. С. 1068–1074.

22. **Барботко, С.Л.** Влияние длительного теплового воздействия на пожаробезопасность полимерных материалов / С.Л. Барботко, М.С. Барботко, О.С. Вольный, В.И. Постнов // Пожаровзрывобезопасность. - 2014. - Т. 23. - №1. - С. 12–20.

23. **Скрылёв, Н.С.** Исследование влияния теп-

2007. - 383 с.

8. **Sarkos G.** Evolution of FAA Fire Safety R&D Over the Years //The Fifth Triennial Fire & Cabin Safety Research Conference, Atlantic City, NJ, October 29 – November 1. 2007 / [http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General\\_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf](http://www.fire.tc.faa.gov/2007Conference/files/General_Fire/TueAM/SarkosFAAFire/SarkosFAAFirePres.pdf).

9. **Le Neve S.** Fire behavior of structural composite materials /In: 5-th Triennial International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conference. Atlantic City. 2007.

10. **Marker T.R.** Development of a Laboratory-Scale Test for Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire //FAA Report DOT/FAA/AR-TN07/15. 2008. 48 p.

11. **Quintiere J.G., Walters R.N., Crowley S.** Flammability Properties of Aircraft Carbon-Fiber Structural Composite //FAA Report DOT/FAA/AR-07/57. 2007. 43 p.

12. **Marker T.R., Speitel L.C.** Evaluating the Decomposition Products Generated Inside an Intact Fuselage During a Simulated Postcrash Fuel Fire //FAA Report DOT/FAA/AR-09/58. 2011. 86 p.

13. **Авиационные правила.** Част 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Межгосударственный авиационный комитет. ОАО «Авиаиздат», 2009. - 267 с.

14. **Mouritz A.P., Gibson A.G.** Fire Properties of Polymer Composite Materials // Springer, Dordrecht, The Netherlands. 2006. 398 p.

15. **Johnson J.D.** Non-destructive evaluation of aerospace composites /In: Report Air force institute of technology AFIT/GMS/ENP/09-M02, Department of the air force Air university, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio. 2009. 73 p.

16. **Lyon R.E.** Federal aviation administration research in fire safe materials for aircraft interiors /In: Proceedings of the International SAMPE Symposium, 41, (1996), Anaheim, CA, pp. 344-350.

17. **Postanovlenie Pravitelstva RF** от 05.12.2001 № 848 (ред. от 22.04.2010) «О Федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)». Подпрограмма «Гражданская авиация» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)».

18. **Shurkova E.N.** Sravnitel'naya otsenka pozharobezопасnosti PKM dlya izgotovleniya elementov vneshnego kontura aviatsionnoy tehniki / E.N. Shurkova, O.S. Volnyiy, A.N. Lutsenko, S.L. Barbotko // Pozharovzryivobezопасnost. - 2014. - Т. 23. - №2. - С. 20–27.

19. **Barbotko S.L.** Pozharnaya bezопасnost aviatsionnykh materialov obespechivaet bezопасnost poletov / S.L. Barbotko // Aviatsionnyie materialyi i tehnologii. - 2012. - №5. - С. 431–439.

20. **Barbotko S.L., Shurkova E.N., Volnyiy O.S.** Otsenka pozharnoy bezопасnosti polimernykh kompozitsionnykh materialov dlya vneshnego kontura aviatsionnoy tehniki / S.L. Barbotko, E.N. Shurkova, O.S. Volnyiy //Aviatsionnyie materialyi i tehnologii. - 2013. - №1. - С. 56–59.

21. **Barbotko S.L.** Ways of providing fire safety of aviation materials //Russian Journal of General Chemistry. 2011. T. 81. №5. S. 1068–1074.

22. **Barbotko S.L.** Vliyanie dlitel'nogo teplovogo vozdeystviya na pozharobezопасnost polimernykh materialov / S.L. Barbotko, M.S. Barbotko, O.S. Volnyiy, V.I. Postnov // Pozharovzryivobezопасnost. - 2014. - Т. 23. - №1. - С. 12–20.

23. **Skryil'Yov N.S.** Issledovanie vliyaniya teplovlazhnostnykh faktorov na izmenenie karakteristik pozharnoy bezопасnosti PKM, podverzhennykh klimaticheskim



ловлажностных факторов на изменение характеристик пожарной безопасности ПКМ, подверженных климатическим воздействиям / Н.С. Скрылёв, О.С. Вольный, Д.В. Абрамов, Е.Н. Шуркова // Труды ВИАМ. - 2014. - №7. - Ст. 12 (viam-works.ru)

24. **Burin J.** Return of the killers //Aviation Safety World. 2006. V. 1. №1. P. 17–22.

25. **Попов, Ю.В.** Метод определения огнестойкости защитного накопителя бортового устройства регистрации / Ю.В. Попов //Обзорная информация: Проблемы безопасности полетов. - ВИНТИ. - 2006. - №4. - С. 49–59.

26. **Барботко, С.Л.** Пожарная опасность, методы оценки и требования к материалам для изготовления внешнего контура авиационной техники // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. - 2014. - №3 – С. 23-33.

27. **Quintiere, J.G., Walters, R.N., Crowley, S.** Flammability Properties of Aircraft Carbon-Fiber Structural Composite // FAA Report DOT/FAA/AR-07/57. 2007. 43 p.

28. **Hode, J.C.** Composite material fire fighting /In: The Sixth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference. Atlantic City, New Jersey. 2010. 30 p.

29. **Horner, A.** Aircraft Materials Fire Test Handbook //FAA Report DOT/FAA/AR-00/12. 2000. P. 9-1 – 9-5.

30. **Полимерная теплоотражающая композиция для покрытия:** пат. 2467042 Рос. Федерация. опубл. 07.06.2011.

31. **Le Neve S.** Fire Behavior Of Structural Composite Materials (progress of the work) /In: The Sixth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference Atlantic City, New Jersey. 2010. 39 p.

32. **Marker, T.R.** Burnthrough Overview /In: 5th Triennial International Fire and Cabin Safety Research Conference. 2007. 44 p.

33. **Лукина, Н.Ф., Дементьева, Л.А., Аниховская, Л.И.** Клеевые препреги для слоистых алюмокомпозитов класса СИАЛ / Н.Ф.Лукина, Л.А.Дементьева, Л.И. Аниховская // Труды ВИАМ. - 2014. - №1. - Ст. 05 (viam-works.ru).

34. **Антипов, В.В., Сенаторова, О.Г., Сидельников, В.В.** Исследование пожаростойкости слоистых гибридных алюмокомпозитов класса СИАЛ / В.В. Антипов, О.Г. Сенаторова, В.В. Сидельников // Авиационные материалы и технологии. - 2011. - №3. - С. 36-41.

35. **Walters R.N., Lyon R.E.** Flammability of Polymer Composites // FAA Report DOT/FAA/AR-08/18. 2008. 22 p.

36. **Lyon, R.E.** Nonhalogen Fire-Resistant Plastics for Aircraft Interiors // FAA Report DOT/FAA/AR-TN08/5. 2008. 33 p.

37. **Каблов, Е.Н.** Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / Е.Н. Каблов //Авиационные материалы и технологии. - 2012. - №5. - С. 7–17.

38. **Шуркова, Е.Н.** Сопоставление пожаробезопасности ПКМ на основе клеевых препрегов, используемых для изготовления конструкций внешнего контура авиационной техники / Е.Н. Шуркова, С.Л. Барботко, Л.А. Дементьева, А.А. Серезженков // Клеи. Герметики. Технологии. - 2013. - №8. - С. 13–17.

39. **Швец, Н.И.** Фенолформальдегидное связующее пониженной горючести / Н.И. Швец, О.Б. Застрогина, С.Л. Барботко, В.М. Алексашин // Пожаровзрывобезопасность. - 2013. - Т. 22. - №5. - С. 26–32.

40. **Давыдова, И.Ф., Каблов, Е.Н., Кавун, Н.С.** Термостойкие негорючие полиимидные стеклотекстолиты для изделий авиационной и ракетной техники / И.Ф. Давы-

vozdeystviyam / N.S. SkryilYov, O.S. Volnyiy, D.V. Abramov, E.N. Shurkova // Trudy VIAM. - 2014. - №7. - St. 12 (viam-works.ru)

24. **Burin J.** Return of the killers //Aviation Safety World. 2006. V. 1. №1. P. 17–22.

25. **Popov Yu.V.** Metod opredeleniya ognestoykosti zaschitnogo nakopitelya bortovogo ustroystva registratsii / Yu.V. Popov //Obzornaya informatsiya: Problemy bezopasnosti poletov. - VINITI. - 2006. - №4. - S. 49–59.

26. **Barbotko S.L.** Pozharnaya opasnost, metody otsenki i trebovaniya k materialam dlya izgotovleniya vneshnego kontura aviatsionnoy tehniki // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. - 2014. - №3 – S. 23-33.

27. **Quintiere J.G., Walters R.N., Crowley S.** Flammability Properties of Aircraft Carbon-Fiber Structural Composite //FAA Report DOT/FAA/AR-07/57. 2007. 43 p.

28. **Hode J.C.** Composite material fire fighting /In: The Sixth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference. Atlantic City, New Jersey. 2010. 30 p.

29. **Horner A.** Aircraft Materials Fire Test Handbook //FAA Report DOT/FAA/AR-00/12. 2000. P. 9 1 – 9 5.

30. **Полимерная теплоотражающая композиция для покрытия:** пат. 2467042 Рос. Федерация. опубл. 07.06.2011.

31. **Le Neve S.** Fire Behavior Of Structural Composite Materials (progress of the work) /In: The Sixth Triennial International Fire & Cabin Safety Research Conference Atlantic City, New Jersey. 2010. 39 p.

32. **Marker T.R.** Burnthrough Overview /In: 5th Triennial International Fire and Cabin Safety Research Conference. 2007. 44 p.

33. **Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Аниховская Л.И.** Клеевые препреги для слоистых алюмокомпозитов класса СИАЛ / Н.Ф.Лукина, Л.А.Дементьева, Л.И. Аниховская //Труды ВИАМ. - 2014. - №1. - Ст. 05 (viam-works.ru).

34. **Антипов В.В., Сенаторова О.Г., Сидельников В.В.** Issledovanie pozharostoykosti sloistyih gibridnyih alyumostekloplastikov klassa SIAL / V.V. Antipov, O.G. Senatorova, V.V. Sidelnikov // Aviatsionnyie materialyi i tehnologii. - 2011. - №3. - S. 36 41.

35. **Walters R.N., Lyon R.E.** Flammability of Polymer Composites // FAA Report DOT/FAA/AR-08/18. 2008. 22 p.

36. **Lyon R.E.** Nonhalogen Fire-Resistant Plastics for Aircraft Interiors // FAA Report DOT/FAA/AR-TN08/5. 2008. 33 p.

37. **Kablov E.N.** Strategicheskie napravleniya razvitiya materialov i tehnologiy ih pererabotki na period do 2030 goda / E.N. Kablov //Aviatsionnyie materialyi i tehnologii. - 2012. - №5. - S. 7–17.

38. **Shurkova E.N.** Sopotavlenie pozharobezopasnosti PKM na osnove kleevyih prepregov, ispolzue-myih dlya izgotovleniya konstruksiy vneshnego kontura aviatsionnoy tehniki / E.N. Shurkova, S.L. Barbotko, L.A. Dementeva, A.A. Serezhenkov // Klei. Germetiki. Tehnologii. - 2013. - №8. - S. 13–17.

39. **Shvets N.I.** Fenolformaldegidnoe svyazuyuschee ponizhennoy goryuchesti / N.I. Shvets, O.B. Zastrogina, S.L. Barbotko, V.M. Aleksashin // Pozharovzryvobezopasnost. - 2013. - T. 22. - №5. - S. 26–32.

40. **Davydova I.F., Kablov E.N., Kavun N.S.** Termostoykie negoryuchie poliimidnyie steklotekstolity dlya izdeliy aviatsionnoy i raketnoy tehniki / I.F. Davydova, E.N. Kablov, N.S. Kavun // Vse materialyi. Entsiklopedicheskiy spravochnik. - 2009. - №7. - S. 2–11.

41. **Zhang H.** Fire-safe polymers and polymer composites // FAA Report DOT/FAA/AR-04/11. 2004. 209 p.

дова, Е.Н. Каблов, Н.С. Кавун // Все материалы. Энциклопедический справочник. - 2009. - №7. - С. 2–11.

41. **Zhang, H.** Fire-safe polymers and polymer composites // FAA Report DOT/FAA/AR-04/11. 2004. 209 p.

42. **Барботько, С.Л., Воробьев, В.Н.** Под общей редакцией академика РАН Е.Н. Каблова. Пожаробезопасность авиационных материалов и элементов конструкций. Справочник / С.Л. Барботько, В.Н. Воробьев. - М.: ВИАМ, 2007. - 543 с.

43. **Перельман, В.И.** Краткий справочник химика. Под общей ред. Б.В. Некрасова. / В.И. Перельман. - М., Л.: Химия. 1951. - 676 с.

44. **Полимерные материалы с пониженной горючестью** / Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А. и др. - М.: Химия, 1986. - 224 с.

45. **Асеева, Р.М., Заиков, Г.Е.** Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. - М.: Наука. 1981. - 280 с.

46. **Краткий справочник физико-химических величин** / Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. - Л.: Химия, 1983. - 232 с.

42. **Barbotko S.L., Vorobyov V.N.** Pod obschey redaktsiyey akademika RAN E.N. Kablova. Pozharobezopasnost aviatsionnyih materialov i elementov konstruktсий. Spravochnik / S.L. Barbotko, V.N. Vorobev. - M.: VIAM, 2007. - 543 s.

43. **Perelman V.I.** Kratkiy spravochnik himika. Pod obschey red. B.V. Nekrasova. / V.I. Perelman. - M., L.: Himiya. 1951. - 676 s.

44. **Polimernyye materialyi s ponizhennoy goryuchestyu** / Kopyilov V.V., Novikov S.N., Oksentevich L.A. i dr. - M.: Himiya, 1986. - 224 s.

45. **Aseeva R.M., Zaikov G.E.** Gorenie polimernyyih materialov / R.M. Aseeva, G.E. Zaikov. - M.: Nauka. 1981. - 280 s.

46. **Kratkiy spravochnik fiziko-himicheskikh velichin** / Pod. red. A.A. Ravdelya i A.M. Ponomarevoy. - L.: Himiya, 1983. - 232 s.

## FIRE DANGER, POSSIBLE METHODS OF ASSESSMENT AND REQUIREMENTS TO POLYMERIC MATERIALS FOR MANUFACTURING OF EXTERNAL CIRCUIT OF AVIATION TECHNICIS

**Barbotko S.L.,**  
PhD in Engineering,  
All-Russian Scientific Research  
Institute of Aviation Materials;  
Russia, Moscow

*According to manufacturing of transport aircrafts having high profitability and passengers capacity and increases of fire safety of aviation engineering, in world practice expansion of use of polymers as constructional materials are carried out. Questions of fire safety change for aviation engineering are considered in this article at replacement of external circuit from aluminum alloys coverings on coverings made from polymeric composite materials. Methods of assessment of fire safety for the constructional materials being on exterior surface of product and subject to influence of flame from fire of spread fuel are analyzed. It was shown that currently polymeric composite materials yet do not provide essential increase of fire safety: increase of resistance to through burn-out is leveled by ability to extend flame on surface.*

**Keywords:** fire safety, polymeric materials, RPM, aviation requirements, test methods, aircraft external circuit, composition fuselage.