

УДК 620.197.6

*А.А. Козлова¹, Э.К. Кондрашов¹, С.Л. Барботько¹, Н.П. Веренинова¹***ТЕПЛООТРАЖАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАДУВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА**

DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-4-75-83

Рассмотрены свойства теплоотражающего лакокрасочного покрытия на основе эмали ВЭ-72, предназначенной для защиты тканепленочных материалов от воздействия теплового излучения интенсивностью 1,7 Вт/см². Описана методика, соответствующая требованиям авиационных норм, и приведено оборудование для проведения испытаний материалов на сохранение герметичности при воздействии лучистого теплового потока. Показаны также технические характеристики теплоотражающего лакокрасочного покрытия на основе эмали ВЭ-72, в том числе в сравнении с импортным аналогом.

Ключевые слова: *тканепленочный материал, теплоотражающее покрытие, тепловой импульс, спасательные надувные конструкции, эмаль, отражательная способность.*

*А.А. Kozlova¹, E.K. Kondrashov¹, S.L. Barbotko¹, N.P. Vereninova¹***HEAT-REFLECTIVE COATING
FOR PROTECTION OF EXPANDABLE STRUCTURE
ON AGAINST INFLUENCE OF THE HEAT TRANSFER RATE**

The description of heat-reflecting paint coating on the basis of the VE-72 enamel intended for protection of membranous tissue materials from influence of the temperature radiation of 1,7 W/cm² is provided. The technique corresponding to requirements of aviation norms, and the testing facility of materials on tightness preservation at influence of radiant heat flux is described. Technical characteristics of heat-reflecting paint coating on the basis of VE-72 enamel, including in comparison with import analog are also shown.

Keywords: *membranous tissue material, heat-reflective coating, thermal impulse, inflatable life designs, enamel, reflection power.*

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

Введение

В случае летного происшествия при возникновении пожара или при аварийной посадке воздушного судна крайне важно максимально быстро провести эвакуацию пассажиров и членов экипажа. Эвакуация может осуществляться с использованием различных спасательных средств, в том числе аварийно-спасательных надувных трапов. По конструкции надувной трап представляет собой матерчатую дорожку для спуска людей, по краям которой размещены надувные баллоны, придающие трапу жесткость и устойчивость. Такой аварийно-спасательный трап предназначен для эвакуации людей с борта воздушного судна на сушу. Существует также аварийно-спасательный трап-плот,

предназначенный для эвакуации людей как на сушу, так и на воду. Он может быть отсоединен от воздушного судна и использован в качестве группового плавсредства.

Спасательные надувные конструкции не предназначены для работы в контакте с открытым пламенем, так как эвакуацию людей сквозь огонь проводить крайне сложно из-за очень высоких температур, воздействия мощного теплового потока, токсичных продуктов горения, а также по чисто психологическим причинам. Эвакуация людей проводится в местах с возможно меньшим воздействием огня: наветренная часть фюзеляжа, наиболее удаленные от пожара части (носовая или хвостовая). Однако из-за наличия мощного очага пламени от разлившегося топлива полностью избежать воздействия теплового потока, как правило, не удастся. Поэтому необходимо, чтобы надувные конструкции сохраняли работоспособность в течение заданного срока эвакуации при максимально возможном при эвакуации тепловом потоке.

Материалы для надувных спасательных средств, работающих в условиях пожара, должны удовлетворять высоким требованиям [1] – особенно по стойкости к тепловому потоку. Требования по сохранению герметичности изложены в параграфах 21.605(a)(3) и 21.143(a) части 21 «Certification procedures for products and parts» авиационных норм США (FAR) и Европы (CS). Минимальные технические требования устанавливаются стандартами TSO-C69c [2]. Таким образом, разработка отечественных лакокрасочных материалов для защиты тканепленочных материалов надувной оболочки аварийно-спасательного трапа, отвечающих требованиям технических стандартов, остается актуальной задачей. Необходимо подчеркнуть, что разработка защитных лакокрасочных материалов входит в «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года», поэтому работа выполнена в рамках комплексного научного направления 17. «Комплексная антикоррозионная защита, упрочняющие, износостойкие защитные и теплозащитные покрытия» [3].

Существующие эмали с теплоотражающими свойствами предназначены для нанесения на металлы или углепластики, но не на ткани. Известно двухслойное покрытие из кремнийорганического каучука, аэросила и отвердителя на ткани из особо прочных волокон для изготовления огнестойкого материала. Дополнительно покрытие содержит гидрат оксида алюминия. Температура сушки покрытия составляет 170–220°C [4]. Недостатками указанной композиции для получения покрытия являются большой привес от покрытия ($>55 \text{ г/м}^2$), а также высокотемпературная сушка покрытия, что неприемлемо для крупногабаритных конструкций. Теплоотражающая эпоксидная композиция, модифицированная полиакриловым сополимером [5], где в качестве наполнителя используются стеклянные полые микросферы, также имеет привес $>100 \text{ г/м}^2$.

Известна также полимерная теплоотражающая композиция для покрытия, наносимая на внешнюю сторону гибкой ткани авиационного спасательного трапа, состоящая из уретанового каучука, пламезамедлителя, алюминиевого наполнителя и растворителя [6]. Композиция отверждается изоцианатом. Недостатками покрытия, полученного на основе этой композиции, являются низкая стойкость к воздействию теплового излучения: при интенсивности теплового потока $1,7 \text{ Вт/см}^2$ по истечении 15 мин цвет теплоотражающего покрытия изменяется до коричневого, что свидетельствует о существенном изменении отражательных характеристик, а также привес от теплоотражающего покрытия, который составляет 110 г/м^2 .

Таким образом, лакокрасочные материалы такого назначения должны обладать высокими адгезионными свойствами к тканепленочному материалу трапа и к клеевым швам, высокой отражательной способностью, стойкостью к тепловому излучению интенсивностью $1,7 \text{ Вт/см}^2$ в течение не менее 180 с, что позволит увеличить время работоспособности покрытия и, соответственно, тканевой основы надувного трапа и

обеспечит своевременную эвакуацию людей из опасной зоны. При этом важно минимизировать привес от покрытия.

Таким требованиям удовлетворяет теплоотражающее покрытие на основе эмали ВЭ-72, нанесенное на тканепленочный материал ВРТ-9 [7, 8] для надувной оболочки аварийно-спасательного трапа и обеспечивающее стойкость материала ВРТ-9 к воздействию теплового потока интенсивностью $1,7 \text{ Вт/см}^2$ в течение более 30 мин. За рубежом применяют сопоставимый по уровню свойств материал арт. М-11673 фирмы Air Cruisers Company (США). В связи с таким ответственным назначением тканепленочного материала с теплоотражающим покрытием особое значение приобретает контроль качества защитных материалов и покрытий [9].

Материалы и методы

Теплоотражающая эмаль ВЭ-72 представляет собой трехкомпонентную систему, состоящую из раствора каучука, наполнителя и отвердителя. Для определения технических характеристик проведены исследования адгезии, блеска, отражательной способности в исходном состоянии и после испытаний на термоциклирование и теплового ресурса теплоотражающего покрытия на основе эмали ВЭ-72.

Отражательная способность лакокрасочного покрытия характеризуется такими оптическими свойствами, как коэффициент отражения и блеск. Измерение блеска теплоотражающего покрытия на основе эмали ВЭ-72, нанесенной на тканепленочный материал ВРТ-9, в исходном состоянии и после испытаний проводили блескомером с углом замера 45° (согласно ГОСТ 896–69). Измерение коэффициента отражения теплоотражающего покрытия проводили фотометром ФМ-59 (согласно РТМ1.2.154–93).

Испытание на термоциклирование проводили согласно методике ММ1.595-15-133–2002 по циклу ЛИ-14. Каждый цикл включает выдержку:

- в камере при относительной влажности $97 \pm 3\%$ и температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 16,5 ч;
- в холодильной камере при температуре $-60 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 1 ч;
- в термостате при температуре $+80 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 2,5 ч.

Испытания на тепловой ресурс проводили при непрерывном нагреве при температуре $+100^\circ\text{C}$ в течение 500 ч.

Испытаниям подвергались в том числе склеенные образцы тканепленочного материала с теплоотражающим покрытием ВЭ-72. Для этого образцы тканепленочного материала с покрытием склеивали внахлест с помощью клеев ВКР-24 и ВКР-27, затем на клеевые швы наносили эмаль ВЭ-72 в два слоя. Адгезию к клеевым швам определяли согласно ГОСТ 15140–78 через 1 сут выдержки в дистиллированной воде.

Значимой характеристикой средств спасения является их пожароопасность [10, 11] – в частности, горючесть и тепловыделение. Испытания на горючесть проводили в камере горючести по методу АП-25, Приложение F, Часть 1. Испытания на тепловыделение проводили на проточном калориметре HRR-3 фирмы Atlas Material Testing Solutions (США) на образцах из тканепленочного материала ВРТ-9 размером $150 \times 150 \text{ мм}$.

Согласно разделу 9 Справочника по проведению огневых испытаний материалов авиационного назначения – Handbook [12], для материалов спасательных средств рекомендуется применение метода, изложенного в TSO-C69c. Этот метод также изложен и в ASTM F828. При испытаниях в России используется отечественный вариант метода – ММ1.595-20-363–2008.

Для проведения испытаний применяется специальное испытательное оборудование, подробное описание которого приведено в указанных нормативных документах.

Для проведения испытаний на территории России во ФГУП «ВИАМ» на основе технического стандарта TSO-C69c и соответствующего раздела Handbook разработана конструкторская документация и изготовлено испытательное оборудование, полностью соответствующее требованиям как отечественных авиационных норм, так и технических требований Федеральной Авиационной Администрации США.

Испытания на стойкость к тепловому импульсу в исходном состоянии и после теплового воздействия и переменного воздействия температуры и влажности проводили на установке в соответствии с ММ1-595-20-363–2008 при интенсивности теплового потока $1,7 \text{ Вт/см}^2$ и начальном избыточном давлении 20 кПа. Схема оборудования представлена на рис. 1, а внешний вид – на рис. 2.

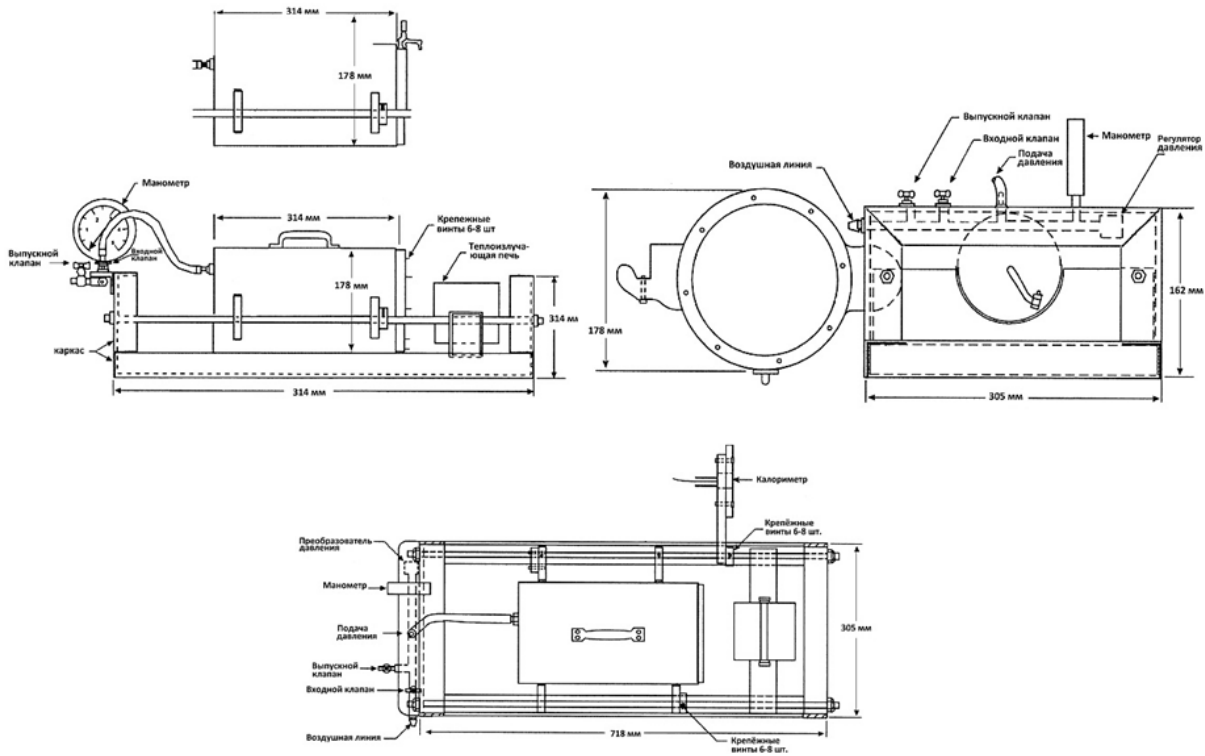


Рис. 1. Схема испытательной аппаратуры для проведения испытаний материалов на сохранение герметичности при воздействии лучистого теплового потока

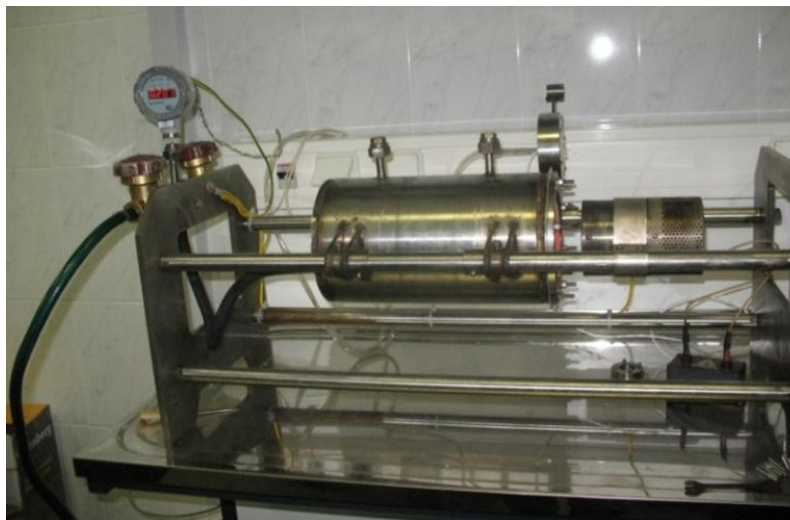


Рис. 2. Внешний вид испытательного оборудования

Испытательная аппаратура состоит из закрытого с одного конца горизонтально установленного цилиндра в виде стакана, снабженного системой подачи сжатого воздуха и прибором, измеряющим давление в цилиндре. С открытой стороны цилиндра изготовлен держатель образца. Испытываемый образец герметичного материала закрепляется на держателе в виде диафрагмы, обеспечивающей сохранение избыточного давления в цилиндре. Цилиндр с держателем образца имеет цапфу и ползун, обеспечивающие возможность их перемещения вдоль по направляющим стержням для возможности установки на различном расстоянии от источника теплового потока.

Цилиндр должен иметь длину 314 мм с внешним диаметром 178 мм и внутренним диаметром 165 мм. В дне цилиндра имеется штуцер для подачи сжатого воздуха. С открытой стороны к цилиндру приварено кольцо толщиной 13 мм с наружным и внутренним диаметрами 178 и 140 мм соответственно. В кольце имеются восемь отверстий с резьбой для закрепления штифтов. Другое кольцо с внутренним диаметром 140 мм и толщиной 13 мм также имеет восемь отверстий под штифты и служит для закрепления испытываемого образца. Для обеспечения герметичности между кольцами и образцом устанавливаются две резиновые (неопреновые) кольцевые прокладки. К бокам цилиндра приварены шарниры и стопоры.

Для калибровки теплового потока используется стандартный датчик – калориметр полного теплового потока Гордона (Gardon Gage[®]) диаметром 1 дюйм, имеющий водяное охлаждение и позволяющий измерять тепловой поток в интервале от 0 до 57 кВт/м² (в международной системе: 0–5 Btu/(ft²·sec)). Калориметр монтируют на панели из термостойкого теплоизоляционного материала диаметром ~120 мм и толщиной 19 мм и закрепляют на шарнире к одному из ползунов рамы. Показания калориметра измеряют и записывают при помощи необходимой аппаратуры. Расположение и мощность нагревателя регулируют таким образом, чтобы интенсивность теплового потока на поверхности образца составляла 1,7 Вт/см² (17 кВт/м² или 1,5 Btu/(ft²·sec)).

На основании организованных Техническим центром FAA межлабораторных испытаний установлено, что регулировка теплового потока путем изменения расстояния от образца до источника лучистого теплового потока приводит к существенному разбросу значений по результатам, полученным в различных испытательных лабораториях [13, 14]. Поэтому в Техническом центре FAA США в течение нескольких лет проведены исследования [15–22] и ревизия методики проведения испытаний, а схема настройки величины теплового потока по измерению мощности электропечи принята в качестве обязательной [23]. Конструкция, используемая во ФГУП «ВИАМ», позволяет производить регулировку теплового потока по обоим вариантам метода испытаний.

Сжатый воздух от компрессора подается в цилиндр через систему игольчатых вентилях, обеспечивающих регулировку и заполнение цилиндра до необходимого установленного давления, равного рабочему давлению в надувных конструкциях. Показания манометра, обеспечивающего измерение давления в цилиндре, регистрируют. За потерю герметичности принимается время начала падения избыточного давления в испытательном цилиндре.

Для испытаний изготавливают следующие образцы. Из материала, подлежащего испытаниям, вырезают три образца $\varnothing 180$ мм и пробивают в них отверстия $\varnothing 6$ мм, соответствующие крепежным штифтам на держателе цилиндра. Перед испытаниями образцы должны быть кондиционированы при температуре $21 \pm 3^\circ\text{C}$ и относительной влажности $50 \pm 5\%$ в течение не менее 24 ч.

Критерии приемки, т. е. соответствие материала требованиям авиационных норм, следующие: должно быть испытано не менее трех образцов на воздействие теплового потока интенсивностью $1,7 \text{ Вт/см}^2$ при избыточном внутреннем давлении, равном рабочему давлению в надувной конструкции; результаты испытаний должны быть усреднены; среднее время потери герметичности из трех испытаний не должно быть $<180 \text{ с}$, причем ни у одного из трех испытанных образцов данное время не должно быть $<90 \text{ с}$.

Результаты

По результатам исследования технических характеристик установлено, что адгезия покрытия на основе эмали ВЭ-72 в исходном состоянии соответствует значению 1 балл (табл. 1) и не ухудшается после выдержки в дистиллированной воде, испытаний на термоциклирование и тепловой ресурс. Адгезия эмали ВЭ-72 к тканепленочному материалу в области клеевых швов также соответствует значению 1 балл и сохраняется на исходном уровне после испытаний. Блеск теплоотражающего покрытия на основе эмали ВЭ-72 в исходном состоянии составляет 85%, коэффициент отражения 0,80–0,87. Показатели блеска и коэффициента отражения после испытаний на термоциклирование незначительно снижаются (на 2–3%), а после испытаний на тепловой ресурс сохраняются на исходном уровне (табл. 1).

Таблица 1

Технические характеристики эмали ВЭ-72

Свойства	Значения свойств			
	в исходном состоянии	после выдержки в дистиллированной воде в течение 10 сут	после испытаний на стойкость при термоциклировании	после испытаний на тепловой ресурс
Адгезия к тканепленочному материалу ВРТ-9, балл	1	1	1	1
Коэффициент отражения в диапазоне 0,3–2,4 мкм	0,85–0,87	0,80–0,85	0,80–0,83	0,80–0,83
Блеск, ед. блеска	85	85	82	83

При испытаниях на горючесть отмечено, что тканепленочный материал с теплоотражающим покрытием ВЭ-72 относится к категории трудносгорающих, общее количество выделяемого при горении тепла составляет $18 \text{ (кВт}\cdot\text{мин)/м}^2$.

Испытания на тепловыделение показали, что теплоотражающее покрытие на основе эмали ВЭ-72, нанесенное на тканепленочный материал, снижает общее количество выделившегося тепла, которое составляет $18 \text{ (кВт}\cdot\text{мин)/м}^2$, что в 1,5 раза меньше, чем для того же тканепленочного материала без теплоотражающего покрытия.

При испытаниях на стойкость к тепловому импульсу интенсивностью $1,7 \text{ Вт/см}^2$ образцов из тканепленочного материала ВРТ-9 с теплоотражающим покрытием на основе эмали ВЭ-72 (в том числе с клеевыми швами) получено, что образцы выдерживают воздействие теплового потока более 15 мин как в исходном состоянии, так и после испытаний (табл. 2). Для сравнения испытали образцы тканепленочного материала без теплоотражающего покрытия и установили, что он выдерживает воздействие теплового потока только в течение 20 с (табл. 3). Приведены также результаты испытаний образцов из тканепленочных материалов других типов – на основе полиамидного волокна (капрон) и полиэфира (лавсан).

Таблица 2

Стойкость к тепловому импульсу интенсивностью 1,7 Вт/см² образцов из тканепленочного материала с теплоотражающим покрытием ВЭ-72, в том числе с клеевыми швами

Исполнение образца для испытания	Продолжительность сохранения заданного избыточного давления (20 кПа) при воздействии внешнего теплового потока (в исходном состоянии и после испытаний)
Тканепленочный материал с теплоотражающим покрытием на основе эмали ВЭ-72 без клеевого шва	Более 15 мин
Тканепленочный материал с клеевым швом, который выполнен по зачищенной от теплоотражающего покрытия поверхности; на клеевой шов нанесено теплоотражающее покрытие	Более 15 мин
Тканепленочный материал с клеевым швом, который выполнен по теплоотражающему покрытию; на клеевой шов нанесено теплоотражающее покрытие	Более 15 мин
Тканепленочный материал с клеевым швом, который выполнен по чистому тканепленочному материалу; на клеевой шов нанесено теплоотражающее покрытие	Более 15 мин

Таблица 3

Эффективность применения полимерной теплоотражающей композиции на различных тканепленочных материалах (стойкость к тепловому импульсу теплоотражающего покрытия ВЭ-72, нанесенного на тканепленочные материалы различных типов)

Испытываемые образцы		Продолжительность сохранения избыточного давления 20 кПа при воздействии внешнего теплового потока интенсивностью 1,7 Вт/см ²
Тканепленочный материал на основе волокон СВМ (ВРТ-9)	Без покрытия	20 с
	С эмалью ВЭ-72	Не менее 30 мин
Тканепленочный материал на основе полиамидных волокон (капрон)	Без покрытия	10 с
	С эмалью ВЭ-72	Не менее 15 мин
Тканепленочный материал на основе полиэфирного волокна (лавсан)	Без покрытия	5 с
	С эмалью ВЭ-72	10 мин

Обсуждение и заключения

Исследования показали, что теплоотражающее покрытие ВЭ-72 обладает высокими техническими характеристиками, а также доказали высокую эффективность теплоотражающих свойств покрытия: продолжительность сохранения заданного избыточного давления 20 кПа при воздействии внешнего теплового потока интенсивностью 1,7 Вт/см² составляет 15 мин даже при наличии клеевых швов, что в 5 раз превышает требования стандарта TSO-C69c и в 3 раза превышает показатели зарубежного аналога – материала арт. М-11673 (табл. 4). Ткань ВРТ-9 на основе арамидного волокна СВМ [24] обладает наибольшей прочностью по сравнению с тканепленочными материалами на основе капрона и лавсана. Тем не менее доказано, что теплоотражающее покрытие ВЭ-72 позволяет значительно повысить стойкость указанных тканепленочных материалов к воздействию теплового потока и сохранять заданное избыточное давление (табл. 3).

Сравнительные характеристики теплоотражающего покрытия ВЭ-72 с материалом арт. М-11673 фирмы Air Cruisers Company (США)

Свойства	Значения свойств	
	теплоотражающего покрытия на основе эмали ВЭ-72	материала арт. М-11673
Цвет	Серебристый	Алюминиевый
Привес покрытия на герметичном эластичном материале на основе ткани, г/м ²	10–30	110
Продолжительность и температура отверждения	1–4 ч при 20±2°С	24 ч при 20±2°С
Стойкость к тепловому потоку интенсивностью 1,7 Вт/см ² – продолжительность сохранения избыточного давления 20 кПа при воздействии внешнего теплового потока, мин	Более 30	10



Рис. 3. Внешний вид тканепленочного материала ВРТ-9 с теплоотражающим покрытием ВЭ-72

Таким образом, теплоотражающее покрытие [25] может использоваться при изготовлении тканепленочных материалов для спасательных надувных конструкций (трапов, плотов), дирижаблей, надувных ангаров, теплоотражающих экранов, щитов и одежды для пожарных [26]. Внешний вид тканепленочного материала с теплоотражающим покрытием представлен на рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Материалы для авиакосмической техники // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2007. №5. С. 7–27.
2. Technical Standard Order TSO-C69c, Emergency Evacuation Slides, Ramps, Ramp/Slides, And Slide/Rafts. Department of Transportation Federal Aviation Administration Aircraft Certification Service. Washington, DC. 1999. 47 p.
3. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
4. Способ изготовления огнестойкого материала: пат. 2210648 Рос. Федерация; заявл. 29.04.02; опубл. 20.08.03.
5. Aqueous epoxy modified acrylic heat-reflecting thermo-insulating coating: pat. CN1434063; filed. 13.02.03; publ. 06.08.03.
6. Escape device for aircraft: pat. US5542629; filed. 31.05.94; publ. 06.08.96.
7. Платонов М.М., Назаров И.А., Нестерова Т.А., Бейдер Э.Я. Тканепленочный материал ВРТ-9 для надувной оболочки авиационных спасательных трапов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №5. Ст. 05. URL: <http://viam-works.ru> (дата обращения: 22.03.2018).

8. Платонов М.М., Нестерова Т.А., Назаров И.А., Бейдер Э.Я. Пожаробезопасный материал на текстильной основе с полиуретановым покрытием для надувной оболочки спасательного трапа // *Авиационные материалы и технологии*. 2013. №2. С. 50–54.
9. Каблов Е.Н. Контроль качества материалов – гарантия безопасности эксплуатации авиационной техники // *Авиационные материалы и технологии*. 2001. №1. С. 3–8.
10. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №5. С. 431–439.
11. Барботько С.Л. Развитие методов оценки пожаробезопасности материалов авиационного назначения // *Авиационные материалы и технологии*. 2017. №5. С. 516–526. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-516-526.
12. Aircraft Materials Fire Test Handbook: Technical Document DOT/FAA/AR-00/12. U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration. 2000. 235 p.
13. Marker T.R. Refinement of the Radiant Heat Test for Evacuation Slide Materials // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Savannah, GA, US. March 4, 2014). 2014. 12 p.
14. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Comparison Test Results // International Aircraft Materials Fire Test Working Group Meeting (Solothurn, Switzerland. June 25–26, 2014). 2014. 10 p.
15. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Comparison of HFG and Power Controller Calibration Methods // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Atlantic City, NJ, US. October 27, 2014). 2014. 12 p.
16. Marker T.R. Slide Evacuation Test Method: Standardization of power control for electrical furnace // International Aircraft Materials Fire Test Working Group Meeting (February 24, 2015). 2015. 13 p.
17. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Round Robin 4 // International Aircraft Materials Fire Test Working Group Meeting (Bremen, Germany. June 3–4, 2015). 2015. 16 p.
18. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Standardization of the Power Required for Proper Heat Output of the Furnace; Elimination of the Heat Flux Transducer for Calibration // International Aircraft Materials Fire Test Working Group Meeting (Atlantic City, NJ, US. October 19–20, 2015). 2015. 14 p.
19. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Update on Recent Tests // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Bordeaux, France. March 16–17, 2016). 2016. 18 p.
20. Marker T.R. Development of a New Test Method for Evacuation Slide Materials: Updated to New Test Method // International Aircraft Materials Fire Test Working Group Meeting (Kansas City, MO, US. June 7, 2016). 2016. 13 p.
21. Marker T.R. Evacuation Slide Materials Test Method: Round Robin 5 // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Mobile, AL. March 7, 2017). 2017. 18 p.
22. Marker T.R. Evacuation Slide Test Method: Comparison of Radiant Heaters Used for Revised Evacuation Slide Test Method // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Cologne, Germany. June 7–8, 2017). 2017. 13 p.
23. Do D. Evacuation Slide Test Method: The Revised Test Method used for The Evacuation Slide Test // International Aircraft Materials Fire Test Working Group (Atlantic City, NJ, US. October 30–31, 2017). 2017. 14 p.
24. Железина Г.Ф., Гуляев И.Н., Соловьева Н.А. Арамидные органопластики нового поколения для авиационных конструкций // *Авиационные материалы и технологии*. 2017. №5. С. 368–378. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-368-378.
25. Полимерная теплоотражающая композиция для покрытия: пат. 2467042 Рос. Федерация; заявл. 07.06.11; опубл. 20.11.12.
26. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №5. С. 315–327.