



УДК 629.7.023

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-10-7-7

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОВОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ
ИЗОЛЯЦИИ ФЮЗЕЛЯЖА**

О.А. Кириенко

кандидат химических наук

Е.Н. Шуркова

О.С. Вольный

С.Л. Барботько

кандидат технических наук

Октябрь 2014

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем тридцати научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в четырех филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

О.А. Кириенко¹, Е.Н. Шуркова¹, О.С. Вольный¹, С.Л. Барботько¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕПЛОВОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ФЮЗЕЛЯЖА

Изготовлены образцы перспективного материала тепловой акустической изоляции. Звукотеплоизолирующий материал содержал следующие слои: теплозвукоизолирующий на основе базальтового и кремнеземного волокон; слой из нетканого материала на основе арамидных волокон; защитное покрытие на основе стеклоткани или термостойкой полимерной пленки (пленка полиимидная ПМА, пленка фторопластовая Ф-4МД, материал СТФ-26, материал на основе стеклоткани с пропиткой фторопластом Ф-42, полиэфирсульфоновая пленка).

Проведены исследования по определению характеристик пожарной безопасности (продолжительность остаточного самостоятельного горения, длина прогорания) материала тепловой акустической изоляции фюзеляжа с различными защитными покрытиями согласно требованиям авиационных правил АП-25 п. 25.856(а), Приложение F, Часть VI. Испытания проводили в камере с панелью теплового излучения при воздействии на материал как радиационного теплового потока переменной интенсивности, так и пламени горелки. Испытаниям подвергались как отдельные образцы защитных покрытий, так и в составе звукотеплоизолирующего элемента.

Ключевые слова: *тепловая акустическая изоляция, пожарная безопасность.*

O.A. Kirienko, E.N. Shurkova, O.S. Volny, S.L. Barbot'ko

STUDY OF INFLUENCE OF DIFFERENT PROTECTIVE COATINGS ON CHARACTERISTICS OF FIRE SAFETY OF FUSELAGE THERMAL ACOUSTIC INSULATION

Samples of perspective material of thermal acoustic isolation were manufactured. The sound heat-insulating material contained the following layers: heat - sound - insulating layer on a base of basalt and silica fibers; a layer of non-woven material, based on aramid fibers; protective coating on a base of fiberglass or heat-resistant polymer film (polyimide film PMA, fluoropolymer film F-4MD, material STF-26, material on a base of fiberglass with fluoroplast F-42 impregnation, polyethersulfone film).

Investigation on characterization of fire safety (duration of residual independent burning, length of burn-through) of thermal acoustic insulation material of fuselage with different protective coatings according to the requirements of aviation regulations AP-25, p. 25.856(a) Appendix F, Part VI. Tests were performed in a chamber with a heat radiation panel under an influence on the material both a heat radiation flow of variable intensity and a burner flame. Both separate specimens of protective coatings and the ones in a composition of sound-heat-insulating component were subjected to testing.

Keywords: *thermal acoustic insulation, fire safety.*

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

Анализ авиационных транспортных происшествий показал, что основными факторами, приводящими к жертвам, являются удар о землю и пожар. От воздействия огня погибает ~30% жертв катастрофы [1].

Обеспечение пожарной безопасности авиационной техники влечет за собой два различных мероприятия: пожарная безопасность в полете и выживаемость при пожаре после катастрофы.

В отличие от пожаров в полете, которые происходят от относительно небольших источников воспламенения и при которых, как правило, требуется некоторое время, чтобы произошло распространение пламени, пожары после катастрофы являются крайне тяжелыми вследствие их быстрого развития [2]. В большинстве случаев пожар происходит из-за возгорания большого количества пролившегося горючего. Основной проблемой пожаров этого типа является проникновение огня в самолет, вследствие чего начинается горение материалов интерьера с выделением токсичных продуктов горения и дыма, что создает плохие условия при эвакуации пассажиров (термоингаляционные поражения верхних дыхательных путей, плохая видимость, паника). Согласно статистическим данным, ~40% пассажиров, которые выживают в авиационном происшествии, потом погибают при пожаре посткатастрофы [3–5]. В связи с этим необходимо обеспечить повышенную стойкость к сквозному прогоранию элементов внешнего контура фюзеляжа самолета. Эта задача может быть решена заменой алюминиевых сплавов, используемых для изготовления обшивок фюзеляжа авиационной техники, на материалы, обеспечивающие повышение огнестойкости внешнего контура [6, 7].

Постоянное повышение требований к различным характеристикам современных летательных аппаратов (более низкий уровень шума в салоне [8], развитие более высоких скоростей полета, повышенная пожаробезопасность [9] и комфорт пассажиров)

приводит к необходимости усовершенствования тепловой звукоизоляции [10]. Следовательно, одним из актуальных направлений полимерного материаловедения являются исследования по разработке материалов с максимально улучшенным комплексом физико-механических свойств, обеспечивающих необходимый ресурс и работоспособность техники и технологического оборудования в экстремальных климатических условиях [11, 12], что отмечено в Стратегических направлениях развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года [13–16].

Материалы и методы

Для получения волокон с уникальными свойствами, с целью последующего изготовления на их основе авиационных матов, наиболее приемлемым сырьем являются базальты – высокостабильные по химическому и минералогическому составу экструзивные горные породы магматического происхождения, запасы которых в мире практически неисчерпаемы. Получают базальтовые волокна при одностадийном технологическом процессе из однокомпонентного дешевого сырья [17], что значительно снижает их себестоимость по сравнению с другими волокнами, производимыми по многостадийным технологическим схемам. Главными преимуществами базальтовых волокон являются: широкий диапазон температур применения (от -260 до $+900^{\circ}\text{C}$), стабильность свойств даже при продолжительной эксплуатации в разнообразных условиях, высокая стойкость в агрессивных средах и вибростойкость, низкая гигроскопичность, хорошая адгезия к различным связующим, пожаробезопасность, экологическая безопасность (не выделяют опасных для здоровья людей веществ в воздушной и водной средах), долговечность. Материалы и изделия на основе базальтовых волокон отличаются высокими конструкционными, теплозвукоизоляционными, диэлектрическими свойствами, позволяющими широко использовать их в различных отраслях промышленности: космической, авиа-, судо-, автомобилестроении, химической, нефтеперерабатывающей и др. [10, 11, 18–21].

В данной работе проведены исследования по определению характеристик пожарной безопасности (продолжительность остаточного самостоятельного горения, длина прогорания) материала тепловой звукоизоляции (ТЗИ) фюзеляжа с различными защитными покрытиями, а также составляющих компонентов ТЗИ материала (защитных пленок) в условиях воздействия теплового потока согласно требованиям АП-25 п. 25.856(а) Приложение F, Часть VI [21].

Этот метод испытания предназначен для оценки характеристик воспламеняемости материалов при одновременном воздействии радиационного теплового потока и пла-

мени горелки. Продолжительность воздействия пламенем горелки составляет 15 с. Согласно авиационным нормам, пламя не должно распространяться за пределы расстояния, равного 51 мм влево от точки воздействия пламени, инициирующего воспламенение пилотной горелки. Продолжительность остаточного самостоятельного горения образца не должна превышать 3 с после удаления пламени пилотной горелки.

Испытания проводили в камере CSI-195FAA (фирма Custom Scientific Instruments, США) с панелью теплового излучения, полностью соответствующей авиационным нормам к оборудованию по проведению данного вида испытаний. Стенки и верх камеры покрыты волокнистой керамической изоляцией. Для наблюдения за образцом во время испытаний на передней стенке камеры установлено термостойкое стеклянное окно, под которым имеется дверца для обеспечения доступа к подвижному держателю платформы с образцом. Дно испытательной камеры представляет собой скользящую стальную платформу со средствами крепления держателя испытываемого образца в фиксированном горизонтальном положении. Для испытаний использовали образцы размером 483×273 мм (3 параллельных образца на 1 точку).

В процессе эксплуатации материалы, даже не находящиеся непосредственно на внешнем контуре самолета, подвергаются воздействию климатических факторов (повышенная и пониженная температуры, повышенная влажность, изменение атмосферного давления) [23]. Вследствие этого могут меняться их служебные характеристики (масса, механические свойства, теплопроводность, звукопоглощающая эффективность и др.) [24]. Для предотвращения негативного воздействия факторов климата на тепло-звукоизоляционные маты используются различные защитные покрытия.

Для проведения исследований изготавливали образцы перспективного материала тепловой акустической изоляции с различными защитными покрытиями.



Состав образца материала тепловой акустической изоляции: 1 – слой из нетканого иглопробивного материала; 2 – теплозвукоизолирующий слой; 3 – облицовочный термостойкий материал;

4 – защитное покрытие

Звукотеплоизолирующий материал содержит следующие слои (см. рисунок):

– тепловозвукоизолирующий слой на основе неорганического волокна, пропитанного термостойким связующим, облицованный термостойким материалом. В качестве неорганического волокна используются базальтовое и кремнеземное волокна, а в качестве облицовочного термостойкого материала – кремнеземная ткань. Базальтовое волокно – благодаря низкому коэффициенту теплопроводности – придает материалу хорошие теплоизоляционные свойства, а кремнеземное волокно обеспечивает стойкость к прогоранию при воздействии пламени (температура плавления волокна выше температуры пламени). Облицовочный термостойкий материал предохраняет тепловозвукоизолирующий слой от загрязнения и осыпания, обеспечивая сохранение свойств в процессе эксплуатации;

– слой из нетканого иглопробивного материала на основе арамидных волокон, пропитанного фенолформальдегидной смолой. Данный слой, имея высокую плотность, в сочетании с тепловозвукоизолирующим слоем низкой плотности, облицованным термостойким материалом, обеспечивает повышение коэффициента затухания звуковой волны;

– слой защитного покрытия, в качестве которого применяется материал на основе стеклоткани или термостойкой полимерной пленки. В данной работе использовали защитные покрытия различных составов:

- пленка полиимидная ПМА;
- пленка фторопластовая Ф-4МД;
- материал СТФ-26;
- материал на основе стеклоткани, пропитанной фторопластом Ф-42;
- полиэфирсульфоновая пленка.

Испытаниям подвергали как отдельные образцы защитных покрытий, так и в составе материала, поскольку термохимические характеристики составных компонентов могут оказывать значительное влияние на характеристики пожаробезопасности материала тепловой акустической изоляции.

Результаты

Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты испытаний на пожаробезопасность образцов материала тепловой акустической изоляции

Материал+покрытие	Продолжительность экспозиции в пламени горелки, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
ТЗИ+пленка полиимидная ПМА	15	0	20

ТЗИ+пленка Ф-4МД	15	0	21
ТЗИ+стеклоткань СТФ-26	15	0	21
ТЗИ+стеклоткань СТФ-42	15	0	35
ТЗИ+полиэфирсульфоновая пленка	15	7	50
Допустимые значения по АП-25 п. 25.856(а) Приложение F, Часть VI		≤3	≤51

Таблица 2

Результаты испытаний на пожаробезопасность образцов защитных покрытий тепловой акустической изоляции

Материал покрытия	Продолжительность экспозиции в пламени горелки, с	Продолжительность остаточного горения, с	Длина прогорания, мм
Полиимидная пленка ПМА (50×500 мкм/мм)	15	0	12
Пленка Ф-4МБ (марка Б; 100 мкм)	15	0	18
Ткань СТФ-26, пропитанная связующим Э-30 (5%-ный раствор)	15	0	22
Стеклоткань СТФ, пропитанная фторопластом Ф-42	15	0	20
Допустимые значения по АП-25 п. 25.856(а) Приложение F, Часть VI		≤3	≤51

Обсуждение и заключения

Установлено, что испытанные образцы материала тепловой акустической изоляции с защитными покрытиями – пленки полиимидная ПМА, Ф-4МБ, стеклоткани СТФ-26 и СТФ-42 – соответствуют требованиям АП-25 п.25.856(а) Приложение F, Часть VI, образцы материала с покрытием на основе полиэфирсульфоновой пленки не соответствуют требованиям данного документа.

Установлено также, что испытанные образцы защитных покрытий тепловозвукоизоляционного материала (полиимидная пленка ПМА; пленка Ф-4МБ; ткань СТФ-26, пропитанная связующим Э-30; стеклоткань СТФ, пропитанная фторопластом Ф-42) соответствуют требованиям АП-25 п. 25.856(а) Приложение F, Часть VI.

Таким образом, показано, что в зависимости от вида используемого защитного покрытия существенно меняются регистрируемые характеристики воспламеняемости и распространения пламени при воздействии внешнего теплового потока. Вследствие этого даже негорючий материал с неправильно подобранным защитным покрытием может не соответствовать требованиям нормативных документов и не может быть допущен к применению на изделиях авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джафаров М.А., Лозовой Н.Ф., Луценко В.И., Федоров В.К. Обеспечение пожарной безопасности на аэродромах гражданской авиации. М.: Транспорт. 1987. 3 с.
2. Терещин В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А. Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро. Противопожарная защита и тушение пожаров. Кн. 6. М.: Пожнаука. 2007. 211 с.
3. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н. О пожарной безопасности материалов, используемых для изготовления внешнего контура самолетов //Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. №10. С. 19–24.
4. Барботько С.Л., Нагаев А.С. К вопросу об обеспечении пожарной безопасности внешнего контура самолетов /В сб. докл. VIII науч. конф. по гидроавиации «Гидроавиасалон–2010». Ч. II. М.: ЦАГИ. 2010. С. 107–110.
5. Барботько С.Л., Шуркова Е.Н., Вольный О.С., Скрылёв Н.С. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов для внешнего контура авиационной техники //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 56–59.
6. Барботько С.Л. Пожаробезопасность авиационных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 431–439.
7. Барботько С.Л., Кириллов В.Н., Шуркова Е.Н. Оценка пожарной безопасности полимерных композиционных материалов авиационного назначения //Авиационные материалы и технологии. 2012. №3. С. 56–63.
8. Сытый Ю.В., Сагомонова В.А., Кислякова В.И., Большаков В.А. Вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов //Труды ВИАМ. 2013. №3. Ст. 06 (viam-works.ru).
9. Нестерова Т.А., Барботько С.Л., Николаева М.Ф., Гертер Ю.А. Многослойный защитно-декоративный материал для декорирования деталей в салонах самолетов и вертолетов //Труды ВИАМ. 2013. №8. Ст. 4 (viam-works.ru).
10. Обзор рынка теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна в России /Отчет ООО «Инфолайн» (демо-версия). 2007. 145 с.
11. Охлопкова А.А., Васильев С.В., Гоголева О.В. Разработка полимерных композитов на основе политетрафторэтилена и базальтового волокна //Нефтегазовое дело. 2011. №6. С. 404–411 (электронный научный журнал).
12. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.

13. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки /В кн. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ. 2012. С. 505–509.
14. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
15. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
16. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
17. Гаврильева А.А., Винокуров Г.Г., Кычкин А.К., Орешко С.М. Технологические характеристики формования базальтовых непрерывных волокон при фильерном способе их получения //Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. №4(2). С. 448–450.
18. Ходакова Н.Н., Углова Т.К., Фирсов В.В., Татаринцева О.С. Минеральное сырье Кавказа для производства базальтовых волокон //Ползуновский вестник. Прикладная химия и смежные области. 2013. №1. С. 138–142.
19. Исследование рынка армирующих изделий и материалов из непрерывного базальтового волокна в России /Отчет агентства «Megaresearch» (демо-версия). 2011. 142 с.
20. Степанова Е.В. Структура и свойства базальтопластиков, армированных базальтовыми нитями разных производителей, и модификация их физическими и химическими методами: Автореф. дис. к.т.н. Саратов. 2006. 20 с.
21. Татаринцева О.С. Изоляционные материалы из базальтовых волокон, полученных индукционным способом: Автореф. дис. д.т.н. Бийск. 2006. 42 с.
22. Авиационные правила. Гл. 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. 3-е изд. ОАО Авиаиздат. 2009. 274 с.
23. Ефимов В.А., Шведкова А.К., Коренькова Т.Г., Кириллов В.Н. Исследование полимерных конструкционных материалов при воздействии климатических факторов и нагрузок в лабораторных и натуральных условиях //Труды ВИАМ. 2013. №1. Ст. 05 (viam-works.ru).
24. Скрылёв Н.С., Вольный О.С., Постнов В.И., Барботько С.Л. Исследование влияния тепловых факторов климата на изменение характеристик пожаробезопасности полимерных композиционных материалов //Труды ВИАМ. 2013. №9. Ст. 05 (viam-works.ru).

REFERENCES LIST

1. Dzhafarov M.A., Lozovoj N.F., Lucenko V.I., Fedorov V.K. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti na ajerodromah grazhdanskoj aviicii [Fire safety on the ground of Civil Aviation]. M.: Transport. 1987. 3 s.
2. Terebnjov V.V., Artem'ev N.S., Grachev V.A. Transport: nazemnyj, morskoy, rečnoj, vozdušnyj, metro. Protivopozharnaja zashhita i tushenie požarov [Transportation: land, sea, river, air, underground. Fire protection and fire fighting]. Kn. 6. M.: Pozhnauka. 2007. 211 s.
3. Barbot'ko S.L., Shurkova E.N. O pozharnoj bezopasnosti materialov, ispol'zuemyh dlja izgotovlenija vneshnego kontura samoletov [On the fire safety of the materials used for the manufacture of the outer contour of aircraft] //Pozharovzryvobezopasnost'. 2011. T. 20. №10. S. 19–24.
4. Barbot'ko S.L., Nagaev A.S. K voprosu ob obespechenii pozharnoj bezopasnosti vneshnego kontura samoletov [On the issue of fire safety outer contour aircraft] /V sb. dokl. VIII nauch. konf. po gidroaviicii «Gidroaviasalon–2010». Ch. II. M.: CAGI. 2010. S. 107–110.
5. Barbot'ko S.L., Shurkova E.N., Vol'nyj O.S., Skryljov N.S. Ocenka pozharnoj bezopasnosti polimernyh kompozicionnyh materialov dlja vneshnego kontura aviacionnoj tehniki [Assessment of fire safety of polymeric composite materials for the outer loop of aeronautical engineering] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 56–59.
6. Barbot'ko S.L. Pozharobezopasnost' aviacionnyh materialov [Flammability of aircraft materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 431–439.
7. Barbot'ko S.L., Kirillov V.N., Shurkova E.N. Ocenka pozharnoj bezopasnosti polimernyh kompozicionnyh materialov aviacionnogo naznachenija [Assessment of fire safety of polymeric composite materials for aircraft industry] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №3. S. 56–63.
8. Sytyj Ju.V., Sagomonova V.A., Kisljakova V.I., Bol'shakov V.A. Vibropogloshhajushie materialy na osnove termojelastoplastov [Vibration-absorbing materials based on thermoplastic elastomers] //Trudy VIAM. 2013. №3. St. 06 (viam-works.ru).
9. Nesterova T.A., Barbot'ko S.L., Nikolaeva M.F., Gerter Ju.A. Mnogoslojnyj zashhitno-dekorativnyj material dlja dekorirovanija detalej v salonah samoletov i vertoletov [Multi-layer protective decorative material for decorating details in the cabin of aircraft and helicopters] //Trudy VIAM. 2013. №8. St. 4 (viam-works.ru).

10. Obzor rynka teploizoljacionnyh materialov na osnove bazal'tovogo volokna v Rossii [Market Overview of thermal insulating materials, based on basalt fiber in Russia / Report LLC «InfoMine»] /Otchet OOO «Infomajn» (demo-versija). 2007. 145 s.
11. Ohlopkova A.A., Vasil'ev S.V., Gogoleva O.V. Razrabotka polimernyh kompozitov na osnove politetraforjetilena i bazal'tovogo volokna [Development of polymer composites based on polytetrafluoroethylene and basalt fiber] //Neftegazovoe delo. 2011. №6. S. 404–411 (jelektronnyj nauchnyj zhurnal).
12. Kablov E.N. Aviakosmicheskoe materialovedenie [Aerospace materials] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2008. №3. S. 2–14.
13. Istorija aviacionnogo materialovedenija. VIAM – 80 let: gody i ljudi [Strategic directions of development of materials and technologies to process them] /Pod obshh. red. E.N. Kablova. M.: VIAM. 2012. S. 505–509.
14. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions of development of materials and technologies to process them for the period up to 2030] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 7–17.
15. Kablov E.N. Himija v aviacionnom materialovedenii [Chemicals in aviation materials] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 3–4.
16. Kablov E.N. Materialy i himicheskie tehnologii dlja aviacionnoj tehniky [Materials and chemical technologies for aircraft equipment] //Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2012. T. 82. №6. S. 520–530.
17. Gavril'eva A.A., Vinokurov G.G., Kychkin A.K., Oreshko S.M. Tehnologicheskie karakteristiki formovanija bazal'tovyh nepreryvnyh volokon pri fil'ernom sposobe ih poluchenija [Technological characteristics of the molding of basalt continuous fibers spun at their reception] //Izvestija Samarskogo NC RAN. 2013. T. 15. №4(2). S. 448–450.
18. Hodakova N.N., Uglova T.K., Firsov V.V., Tatarinceva O.S. Mineral'noe syr'e Kavkaza dlja proizvodstva bazal'tovyh volokon [Minerals of the Caucasus for the production of basalt fibers] //Polzunovskij vestnik. Prikladnaja himija i smezhnye oblasti. 2013. №1. S. 138–142.
19. Issledovanie rynka armirujushhih izdelij i materialov iz nepreryvnogo bazal'tovogo volokna v Rossii [Market research reinforcing materials and products of continuous basalt fiber in Russia] /Otchet agentstva «Megaresearch» (demo-versija). 2011. 142 s.

20. Stepanova E.V. Struktura i svojstva bazal'toplastikov, armirovannyh bazal'tovymi nitjami raznyh proizvoditelej, i modifikacija ih fizicheskimi i himicheskimi metodami [Structure and properties of basalt fiber reinforced basalt yarns of different manufacturers, and the modification of their physical and chemical methods]: Avtoref. dis. k.t.n. Saratov. 2006. 20 s.
21. Tatarinceva O.S. Izoljacionnye materialy iz bazal'tovyh volokon, poluchennyh indukcionnym sposobom [Insulating materials made of basalt fibers obtained inductively]: Avtoref. dis. d.t.n. Bijsk. 2006. 42 s.
22. Aviacionnye pravila. Gl. 25. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj kategorii [Aviation Regulations. Chap. 25 Standards of Airworthiness transport category airplanes]. 3-e izd. OAO Aviaizdat. 2009. 274 s.
23. Efimov V.A., Shvedkova A.K., Koren'kova T.G., Kirillov V.N. Issledovanie polimernyh konstrukcionnyh materialov pri vozdejstvii klimaticeskikh faktorov i nagruzok v laboratornyh i naturnyh uslovijah [Investigation of polymeric structural materials under the influence of climatic factors and stress in laboratory and field conditions] //Trudy VIAM. 2013. №1. St. 05 (viam-works.ru).
24. Skryljov N.S., Vol'nyj O.S., Postnov V.I., Barbot'ko S.L. Issledovanie vlijanija teplovyh faktorov klimata na izmenenie harakteristik pozharobezopasnosti polimernyh kompozicionnyh materialov [Investigation of the influence of thermal factors of climate change on fire characteristics of polymer composite materials] //Trudy VIAM. 2013. №9. St. 05 (viam-works.ru).