

Для цитирования:

Чурсова Л.В., Соколов И.И., Лукина А.И. Разработка полимерных синтактных и пеноматериалов нового поколения с повышенными эксплуатационными характеристиками. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2017. Т. 60. Вып. 2. С. 67–73.

For citation:

Chursova L.V., Sokolov I.I., Lukina A.I. Study of polymer syntactic and foam materials of new generation with improving operational characteristics. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2017. V. 60. N 2. P. 67–73.

УДК: 678.06

Л.В. Чурсова, И.И. Соколов, А.И. Лукина

Анна Ираклиевна Лукина (✉), Игорь Иллиодорович Соколов

Лаборатория «Полимерные композиционные материалы на основе стеклянных наполнителей», Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ул. Радио, 17, Москва, Российская Федерация, 105005

E-mail: 7081291@mail.ru (✉), admin@viam.ru

Лариса Владимировна Чурсова

Научно-исследовательское отделение «Полимерные композиционные материалы нового поколения», Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ул. Радио, 17, Москва, Российская Федерация, 105005

E-mail: admin@viam.ru

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СИНТАКТНЫХ И ПЕНОМАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В статье рассмотрены вопросы создания облепченных полимерных синтактных материалов нового поколения с улучшенным, по сравнению с существующими аналогами, комплексом эксплуатационных и специальных свойств – сферопластика на основе высокодеформативного цианэфирного связующего и фенольного пенопласта замкнуто-ячеистой структуры для применения в составе элементов конструкций изделий авиационной техники.

Ключевые слова: синтактные пены (сферопластики), пенопласты, многослойные (сэндвич) конструкции, цианэфирные связующие

UDC: 678.06

L.V. Chursova, I.I. Sokolov, A.I. Lukina

Anna I. Lukina (✉), Igor I. Sokolov

Laboratory of Polymeric Composition Material Based on Glassfiber, All-Russian Scientific Research Institute of Aviation materials, Radio st., 17, 105005, Moscow

E-mail: 7081291@mail.ru (✉), admin@viam.ru

Larisa V. Chursova

Scientific-Research Branch Polymeric Composition Materials of New Generation. All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials, Radio st., 17, 105005, Moscow

E-mail: admin@viam.ru

STUDY OF POLYMER SYNTACTIC AND FOAM MATERIALS OF NEW GENERATION WITH IMPROVING OPERATIONAL CHARACTERISTICS

The article deals with the creation of lightweight syntactic polymeric materials of new generation with the improved complex operational and special properties. The preparation of composition and technology polymeric syntactic foam based on cyanat resin having the higher operational and special properties, compared by analog material, was shown. The production of such material has the different steps: the synthesis of cyanat resin with request rheological properties; blending the cyanat resin with glass microsphere for prepare the material with request homogenous properties; the prepare of roll syntactic polymeric materials having the thickness 2 mm. For preparing the material with request thickness we used the calendric technology; cutting the roll spheroplastic material on sample workpeace; the molding of spheroplastic. The application spheroplastic can significantly increase both absolute and specific characteristics of multilayer structures compared to design with cell. Also, the preparation of polymeric phenolic foam, based on phenolic resin, modified by rubber, having close-cell structure and higher operational properties, was shown. For foaming process the foam obtained semifinished product are not prefabricated as individual pellets or crushed powder as generally accepted in the preparation of foams brand FC, and rolled in the form of solid sheets, the total mass chosen with a given density of the obtained foam. The resulting foam originally monolithic semi eliminated the possibility of forming foam at foaming various small areas between individual pellets (or powder particles). Thereby, it reduces the overall porosity in the resulting foam. It was found that resole resins (containing novolac oligomer) poor fit together with a nitrile rubber. In addition, a combination of product of nitrile rubber with phenol resoles SF-3021K and with a novolac resin in all investigated ratios doesn't allow to obtain high quality foam structure having a density less than 150 kg / m³. Only by combining a mixture of nitrile rubber and oligomeric compositions (resole (SF-342A) with novolak (SF-010), it is possible to obtain foams with a density from 80 to 150 kg / m³.

Key words: syntactic foams, foam materials, multy-layer construction, cyan-ester binders

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных отраслях промышленности широкое распространение получили многослойные (сэндвич) конструкции, обладающие достаточно высокими упруго-прочностными характеристиками при обеспечении высокой весовой эффективности. В качестве заполнителей многослойных конструкций используются сотовые заполнители (полимерные, стеклопластиковые или алюминиевые), синтактные пены или пеноматериалы. Выбор применяемого типа заполнителя обусловлен требованиями к весовым и упруго-прочностным характеристикам многослойных конструкций, исходя из условий их эксплуатации [1].

Конструкции с сотовым заполнителем чувствительны к сосредоточенным ударным воздействиям и характеризуются относительно невысокой сдвиговой прочностью и жесткостью. Кроме того, достаточно сложно обеспечить герметичность конструкций с сотовым заполнителем, так как они обладают открыто-ячеистой структурой. Попадание влаги приводит к коррозии заполнителя

(при применении сот, изготовленных из алюминиевых сплавов), снижению его прочностных характеристик, а также к разрушению при термоциклировании с переходом в область отрицательных температур. Кроме того, сотовым конструкциям свойственно наличие разнообразных дефектов, возникающих как при их изготовлении, так и в условиях эксплуатации [2].

В связи с этим при изготовлении многослойных конструкций широкое применение в качестве легких заполнителей получили вспененные материалы – пенопласты, используемые для изготовления лопастей вертолетов и защиты конструкций от теплового воздействия, а также синтактные пены – полимерные сферопластики, применяемые при изготовлении радиопрозрачных антенных обтекателей, панелей кессонной части крыла, агрегатов механизации системы управления и др. элементов конструкций изделий авиационной техники [3-5].

Формирование структуры таких материалов достигается двумя способами, во-первых, физическим – путем введения полого наполнителя,

во-вторых, химическим – путем формирования пористой структуры в технологическом процессе производства за счет введения порообразующих агентов [6-8]. Важным требованием к таким материалам является обеспечение замкнуто-ячеистой структуры, что является необходимым при их применении в условиях повышенной влажности. Целью данной работы было получение полимерных синтактных и пеноматериалов нового поколения с повышенными эксплуатационными характеристиками, работоспособных до температуры 180 °С. Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 16.1.: Полимерные синтактные и пеноматериалы («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 г.») [9].

В соответствии с поставленной целью, в задачи работы входило:

1. Разработка состава и технологии получения сферопластика на основе цианэфирного связующего с повышенными эксплуатационными и специальными свойствами;
2. Разработка фенольного пенопласта замкнуто-ячеистой структуры с повышенными эксплуатационными свойствами.

Таким образом, сформулированные задачи направлены на разработку двух различных пеноматериалов, схожих по своей материаловедческой сущности, но различных по своему получению и назначению.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения сферопластика с повышенными эксплуатационными и специальными свойствами использовали модифицированное цианэфирное связующее марки ВСТ-1210 и полые стеклянные микросферы марки МС-ВП или МС-ВП-А9. Для получения фенольного пенопласта замкнуто-ячеистой структуры с повышенными эксплуатационными характеристиками использовали фенольный олигомер резольного и новолачного типа марок СФ-010, 015, бутадие нитрильный каучук СКН-40, уротропин, порообразующий агент ЧХЗ-57.

В качестве методов испытаний были выбраны следующие: определение предела прочности при статическом изгибе по ГОСТ 4648-49, определение удельной ударной вязкости по ГОСТ 4647-49.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения первой из поставленных задач впервые в отечественной практике разработан состав и технология изготовления сферопластика замкнуто-ячеистой структуры марки ВПЗ-17 [10-11] с температурой эксплуатации до 180 °С на основе высокодеформативного цианэфирного связующего,

включающего продукт олигомеризации арилдицианата (2,2-бис(цианатофенил)пропан), циклоалифатический эпоксидный олигомер и полые стеклянные микросферы.

Процесс изготовления сферопластика и многослойных конструкций на его основе включал следующие основные стадии:

- синтез цианэфирного связующего с необходимыми реологическими характеристиками;
- совмещение связующего и стеклянных микросфер с перемешиванием до получения материала однородной консистенции;
- изготовление рулонного листового сферопластика толщиной до 2 мм. Для получения сферопластика заданной толщины использована технология каландрования, традиционно применяемая при изготовлении препрегов ПКМ, заключающаяся в последовательной раскатке исходного полуфабриката в листовый материал;
- раскрой сферопластика на заготовки заданных размеров;
- формование плит сферопластика.

Основные свойства разработанного цианэфирного сферопластика марки ВПЗ-17 представлены в табл. 1.

В качестве обшивок многослойной конструкции использовали углепластик на основе углеродного однонаправленного наполнителя, а также стеклопластик на ткани сатинового плетения [12]. Основные свойства образцов многослойных конструкций приведены в табл. 2.

Применение сферопластиков позволяет значительно повысить как абсолютные, так и удельные характеристики многослойных конструкций по сравнению с конструкциями с сотовым наполнителем [8].

Таблица 1

Основные свойства цианэфирного сферопластика
Table 1. The main properties of cyane-esters spheroplastiks

| Характеристика | Температура испытаний, °С | |
|---|---------------------------|-----|
| | 20 | 160 |
| Плотность, г/см ³ | 0,67 | - |
| Прочность при растяжении, МПа | 33 | 31 |
| Прочность при сжатии, МПа | 92 | 63 |
| Прочность на статический изгиб, МПа | 80 | 54 |
| Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² | 5,5 | - |
| Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ¹⁰ Гц | | |
| - в исходном состоянии | 2,07 | |
| - при влажности 98 % в течение 30 сут | 2,27 | |
| - после сушки в течение 1 сут в ком-натных условиях | 2,13 | - |

Примечание: указаны средние значения характеристик
Note: the average values of parameters are marked

Таблица 2

Основные свойства образцов многослойных конструкций (МК) со сферопластиком
Table 2. The main properties of samples of multi-layers constructions with spheroplastics

| Характеристика | МК с обшивками из стеклопластика | | МК с обшивками из углепластика | |
|---|----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| | Температура испытаний, °С | | | |
| | 20 | 160 | 20 | 160 |
| Плотность, г/см ³ | 1,2 | - | 1,0 | - |
| Прочность при растяжении, МПа | 250 | 220 | 340 | 360 |
| Прочность при сжатии, МПа | 315 | 270 | 323 | 238 |
| Прочность при изгибе, МПа | 531 | 507 | 697 | 483 |
| Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² | 110 | - | 125 | - |

Примечания: 1. Указаны средние значения характеристик; 2. Свойства МК с обшивками из стеклопластика приведены в направлении основы ткани; 3. Свойства МК с обшивками из углепластика приведены в направлении 0
 Note: 1. The average values of parameters are marked; 2. MK properties with covers from glass plastics are shown to the direction of fabric base; 3. MK properties with covers from carbon plastics are shown to direction 0

Многослойные конструкции с цианэфирным сферопластиком характеризуются теплостойкостью до 160 °С длительно (до 180 °С кратковременно), высокой ударной прочностью в сочетании с низким водопоглощением и исключительными диэлектрическими свойствами. Использование сферопластиков для изготовления элементов конструкционного и радиотехнического назначения, сохраняющих высокие эксплуатационные свойства в условиях воздействия высоких температур и повышенной влажности, позволит повысить тактико-технические характеристики перспективных изделий отечественной авиационной техники.

Разработанный сферопластик замкнуто-ячеистой структуры может быть рекомендован для изготовления средств механизации крыла и элементов управления самолетом, деталей мотогондолы, а также радиопрозрачных антенных обтекателей.

Для решения *второй из поставленных задач* разработан состав и технология изготовления фенольного эластичного пенопласта марки ВПП-4 замкнуто-ячеистой структуры [13, 14] с температурой эксплуатации до 150 °С на основе феноло-формальдегидного олигомера марки СФ-3021К, анилино-феноло-формальдегидного олигомера марки СФ-342А, а так же продуктов их сочетания с новолачным олигомером марки СФ-010.

Основной задачей в части создания легкого теплостойкого трудногорящего пенопласта с замкнуто-ячеистой структурой был выбор исходных

компонентов и технологий их совмещения для получения пенопласта.

Для повышения ударной вязкости пенопластов использован нитрильный каучук марки БНКС-40. В качестве модифицирующих пластификаторов исследованы полиэфирные смолы – сложный полиэфир марки П-24 (на основе себаценовой кислоты, глицерина и этиленгликоля) и хлорпарафин марки ХП-470.

С целью повышения теплостойкости получаемых пенопластов использовали азотсодержащий сшивающий агент новолачной фенольной смолы – меламин.

Получение образцов пенопластов осуществлялось по общепринятой технологии получения фенольно-каучуковых пенопластов ФК путем совмещения на охлаждаемых фрикционных вальцах каучука с порошкообразными ингредиентами. Полученный вальцованный полуфабрикат измельчали до гранул размера 3-5 мм и загружали в пресс-форму для проведения термического режима вспенивания при 100 °С и отверждения при 150 °С. Выбор исходных компонентов проводили на основе предварительного изучения возможности получения пенопластов с плотностью в пределах 80-150 кг/м³.

Установлено, что резольные смолы (не содержащие новолачный олигомер) плохо совмещаются с нитрильным каучуком. Кроме того, на продуктах совмещения нитрильного каучука с фенолоформальдегидным резолом СФ-3021К и с новолачной смолой во всех изученных соотношениях невозможно получить качественные по структуре пенопласты с плотностью менее 150 кг/м³. Только путем совмещения нитрильного каучука и смеси олигомерных композиций (резольной (СФ-342А) с новолачной (СФ-010)), удается получить пенопласты с плотностью от 80 до 150 кг/м³.

Предпосылкой получения химически сшитых структур на основе смешанных резольно-новолачных композиций является то, что метилольные группы резолов активнее взаимодействуют с водородом фенольных ядер, чем между собой. Для выбора оптимального соотношения резола и новолака были изучены вязко-текучие свойства смешанных композиций (на консисометре Гепплера) и степень сшивки отвержденных композиций по количеству спирторастворимых в аппарате Сокслетта.

На рис. 1 приведены результаты изменения вязкости расплава резольно-новолачных композиций по сравнению с резолом при нагреве до температуры 160 °С.

Как видно из рис. 1, введение новолачного олигомера смещает начало прохождения процес-

сов плавления и отверждения резольно-новолачных композиций в сторону меньших температур, что предпочтительнее с точки зрения переработки материала. При этом процесс отверждения смешанных резольно-новолачных композиций начинается при меньших температурах по сравнению с «чистым» резольным олигомером. Однако при увеличении содержания новолачного олигомера свыше 30% об. заметно снижается скорость отверждения композиций, о чем можно судить по характеру наклона кривой изменения вязкости.

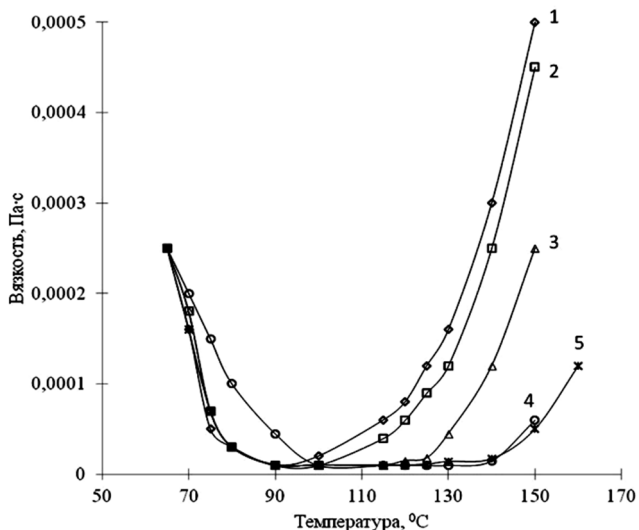


Рис. 1. Изменение вязкости расплава резольно-новолачных композиций по сравнению с резольным олигомером: 1 – 10 % об. новолачного олигомера; 2 – 20 % об. новолачного олигомера; 3 – 30 % об. новолачного олигомера; 4 – 40 % об. новолачного олигомера; 5 – резол

Fig. 1. The viscosity of resol-novolac composition as comparison with resol oligomer: 1 - 10 % vol. of novolac; 2 - 20 % vol. of novolac; 3 - 30 % vol. of novolac; 4 - 40 % vol. of novolac; 5 - resol

О снижении степени сшивки отвержденных резольно-новолачных композиций при содержании новолачного олигомера свыше 30% можно судить и по результатам экстрагирования спиртом отверженных при 180 °С композиций: при содержании новолачного олигомера свыше 30% количество растворимых резко увеличивается и превышает 1,5% об. (рис. 2).

Исходя из данных, приведенных на рис. 1, 2, для дальнейших исследований был выбран состав, содержащий 30% об. новолачного олигомера.

Для вспенивания полученного полуфабриката пенопласта использовали полуфабрикат не в виде измельченных отдельных гранул или порошка, как принято обычно при получении пенопластов марки ФК, а в виде монолитных вальцованных листов, общая масса которых выбирались исходя из заданной плотности получаемого пенопласта.

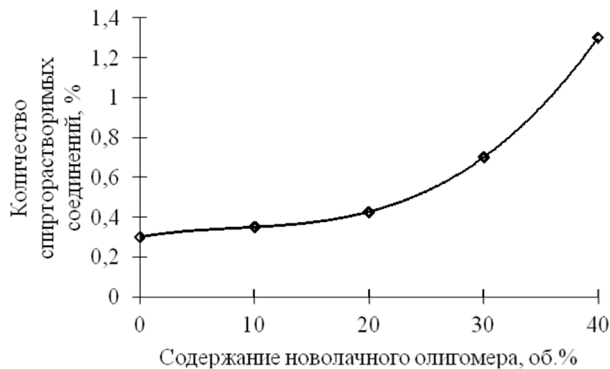


Рис. 2. Результаты экстрагирования спиртом отверженных при 180 °С резольно-новолачных композиций

Fig. 2. The results of extraction with alcohol the resol-novolac compositions cured at 180 °С

В результате вспенивания монолитных листов исходного полуфабриката исключается возможность образования в пенопласте при вспенивании различных мелких участков между отдельными гранулами (или частицами порошка), что способствует снижению общей пористости в получаемом пенопласте. На рис. 3 приведен характер макроструктуры образцов пенопласта с плотностью 80-100 кг/м³, полученных по различным технологическим режимам вспенивания.

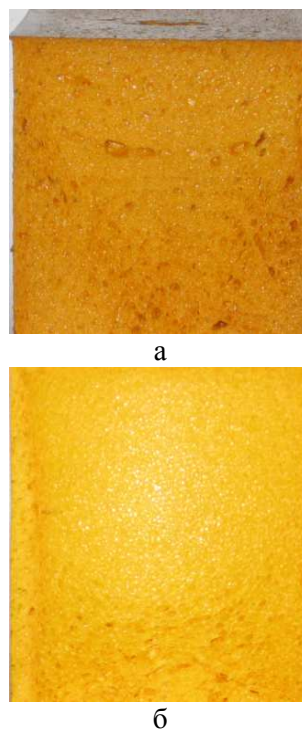


Рис. 3. Макроструктура образцов пенопласта с плотностью 80-100 кг/м³ а - подъем температуры от 20 до 100 °С и выдержка 2 ч при 100 °С; б - вспенивание в предварительно нагретом шкафу до 100 °С

Fig. 3. The macrostructure of foam samples with a density of 80-100 kg / m³: 1 - the temperature rise from 20 to 100 °С and exposition for 2 h at 100 °С; 2 - foaming in preheated oven at 100 °С

Необходимо отметить, что разработанный материал ВПП-4 – аналог отечественного пенопласта ФК-20, широко применяемого в изделиях авиационной техники. Основным недостатком пенопласта ФК-20 является его открыто-ячеистая структура, относительно низкая ударная вязкость и высокая пожароопасность. Пенопласт ВПП-4 в значительной мере лишен указанных недостатков (табл. 3)

Таблица 3

Основные свойства фенольного эластичного пенопласта марки ВПП-4

Table 3. The main properties of phenolic elastic foam of VPP-4 trademark

| Характеристика | Показатель | |
|--|------------|------------------|
| | ФК-20 | ВПП-4 |
| Плотность, кг/м ³ | 190-230 | 80-150 |
| Прочность при растяжении, МПа | 0,4-0,9 | 0,6-1,2 |
| Прочность при сжатии, МПа | 0,1-1,0 | 0,4-0,7 |
| Ударная вязкость, кДж/м ² | 0,2 | 0,4-1,2 |
| Прочность при изгибе, МПа | 0,7 | 0,9 |
| Горючесть | сгорающий | трудно-сгорающий |
| Максимальная рабочая температура (длит.), °С | 120 | 150 |

Из анализа полученных результатов следует, что разработанный трудносгорающий фенольный пенопласт марки ВПП-4 может быть рекомендован для изготовления конструкционных и теплозащитных элементов летательных аппаратов, а также для изготовления поплавков уровнемеров топливных баков изделий авиационной техники.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований разработаны два конструкционных материала, сходных по своей морфологической структуре – синтактная пена – сферопластик марки ВПЗ-17 на основе цианэфирного связующего и фенольный пенопласт марки ВПП-4.

Полученные материалы характеризуются замкнуто-ячеистой структурой, в первом случае образованной за счет введения в матрицу полого стеклянного наполнителя (микрофер), а во втором случае за счет введения порообразующего агента.

По сравнению с существующими аналогами, полученные материалы характеризуются комплексом более высоких технологических, эксплуатационных и специальных свойств и обладают значительными перспективами использования в изделиях авиационной техники и других отраслей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении. *Рос. хим. ж.* 2010. Т. LIV. № 1. С. 3–4.
3. Соколов И.И., Коган Д.И., Раскутин А.Е. Облегченные наполнители многослойных конструкций. *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2015. № 3. С. 12-16.
4. Каблов Е.Н. Конструкционные и функциональные материалы - основа экономического и научно-технического развития России. *Вопросы материаловедения*. 2006. № 1. С. 64-67.
5. Мурашов В.В., Румянцев А.Ф. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов и методы их выявления. Часть 1. Дефекты монолитных деталей и многослойных конструкций из полимерных композиционных материалов. *Контроль. Диагностика*. 2007. № 4. С. 23-32.
6. Саматадзе А.И., Парахин И.В., Туманов А.С. Сухие резольно-новолачные смолы и композиции на их основе. *Труды ВИАМ*. 2014. № 9. С. 10. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 24.03.2015)
7. Sokolov I.I. Application of sphere plastics in different branches of industry. *Polymer Science. Series D*. 2015. V. 8. N 3. P. 223-226.

REFERENCE

1. Kablov E.N. Innovative developments of FGUP GNTs RF on implementation Strategic directions of development of materials and technologies of their treatment for period up to 2030 year. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*. 2015. N 1 (34). P. 3–33 (in Russian).
2. Kablov E.N. Chemistry in aviation material science. *Ros. Khim. Zhurn.* 2010. V. LIV. N 1. P. 3–4 (in Russian).
3. Sokolov I.I., Kogan D.I., Raskutin A.E. Lighten fillers of multi-layer construction. *All materials. Encyclopaedic handbook*. 2015. N 3. P. 12-16 (in Russian).
4. Kablov E.N. Construction and functional materials - base of economic and scientific-technical development of Russia. *Voprosy materialovedeniya*. 2006. N 1. P. 64-67 (in Russian).
5. Murashov V.V., Rumantsev A.F. Defects of solid details and multi-layer constructions from polymer composition materials and methods of their revealing. *Kontrol. Diagnostika*. 2007. N 4. P. 23-32 (in Russian).
6. Samatadze A.I., Parakhin I.V., Tumanov A.S. Dry resol-nivolak resins and compositions on their base. *Trudy VIAM*. 2014. N 9. P. 10. URL: <http://www.viam-works.ru> (24.03.2015) (in Russian).
7. Sokolov I.I. Application of sphere plastics in different branches of industry. *Polymer Science. Series D*. 2015. V. 8. N 3. P. 223-226. DOI: 10.1134/S1995421215030144.
8. Sokolov I.I. Microsphere foam with cold-cure adhesive bonding for aircraft equipment. *Polymer Science. Series D*. 2014. V. 7. N 1. P. 37-39. DOI: 10.1134/S1995421214010122.

8. Sokolov I.I. Microsphere foam with cold-cure adhesive bonding for aircraft equipment. *Polymer Science. Series D*. 2014. V. 7. N 1. P. 37-39.
9. Соколов И.И., Долматовский М.Г., Деев И.С., Стеценко В.Я. Влияние физико-механических характеристик полых стеклянных микросфер на свойства сферопластиков. *Пластические массы*. 2005. № 7. С. 16-18.
10. Соколов И.И., Минаков В.Т. Сферопластики авиационного назначения на основе эпоксидных клеев и дисперсных наполнителей. *Клеи. Герметики. Технологии*. 2012. № 5. С. 22-26.
11. Застрогина О.Б., Швеи Н.И., Постнов В.И., Серкова Е.А. Фенолформальдегидное связующее для пожаробезопасных материалов интерьера. *Авиационные материалы и технологии*. 2012. № 5. С. 267-272.
12. Саматадзе А.И., Парахин И.В. Обоснование выбора пластификатора для эластичного фенольного пенопласта. *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2015. №10. С. 40-44.
13. Соколов И.И., Коган Д.И., Раскутин А.Е., Бабин А.Н., Филатов А.А., Морозов Б.Б. Многослойные конструкции со сферопластиками для изделий авиационной техники. *Конструкции из композиционных материалов*. 2014. № 1 (133). С. 37-42.
14. Каблов Е.Н., Соколов И.И., Коган Д.И., Чурсова Л.В., Мухаметов Р.Р., Коваленко А.В., Долгова Е.В. Полимерная композиция. Патент на изобретение № 2540084 от 27.01.2015.
15. Раскутин А.Е., Соколов И.И. Углепластики и стеклопластики нового поколения. *Труды ВИАМ*. 2013. № 4. С.9. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 12.10.2015)
16. Саматадзе А.И., Парахин И.В., Трошкин И.В., Поросова Н.Ф., Туманов А.С. Фенольно-каучуковый пенопласт пониженной горючести. *Композитный мир*. 2013. № 2. С. 14-17.
17. Крупина С.С., Парахин И.В., Поросова Н.Ф., Трошкин И.В., Туманов А.С. Композиция для получения пенопласта. Патент на изобретение № 2477734 от 20.03.2013.
9. Sokolov I.I., Dolmatovskiy M.G., Deev I.S., Stetsenko V.Ya. The influence of physical-mechanical parameters of hollow glass microspheres on properties of spherical plastics. *Plastich. Massy*. 2005. N 7. P. 16-18 (in Russian).
10. Sokolov I.I., Minakov V.T. Spherical plastics for aviation on the basis of epoxies glues and disperse fillers. *Klei, Germetiki, Tekhnologiya*. 2012. N 5. P. 22-26 (in Russian).
11. Zastrogina O.B., Shvets N.I., Postnov V.I., Serkova E.A. Phenol-formaldehyde binder for firesafe materials of interior. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii*. 2012. N 5 (34). P. 267-272 (in Russian).
12. Samatadze A.I., Parakhin I.V. Basis of choose of plasticizer for elastic phenol foam. *All materials. Encyclopaedic handbook*. 2015. N 10. P. 40-44 (in Russian).
13. Sokolov I.I., Kogan D.I., Raskutin A.E., Babin A.N., Filatov A.A., Morozov B.B. Multi-layer constructions with spherical plastics for wares of aviation. *Konstruktsii iz kompozitsionnykh materialov*. 2014. N 1 (133). P. 37-42 (in Russian).
14. Kablov E.N., Sokolov I.I., Kogan D.I., Chursova L.V., Mukhametov R.R., Kovalenko A.V., Dolgova E.V. Polymer composition. RF Patent N 2540084. 27.01.2015 (in Russian).
15. Raskutin A.E., Sokolov I.I. Carbon plastics and glass plastics of new generation. *Trudy VIAM*. 2013. N 4. P. 9. URL: <http://www.viam-works.ru> (12.10.2015) (in Russian).
16. Samatadze A.I., Parakhin I.V., Troshkin I.V., Porosova N.F., Tumanov A.S. Phenol-ribber foam of lower combustibility. *Kompositniy mir*. 2013. N 2. P. 14-17 (in Russian).
17. Krupina S.S., Parakhin I.V., Porosova N.F., Troshkin I.V., Tumanov A.S. Composition for foam obtaining. RF Patent N 2477734. 20.03.2013. (in Russian).

Поступила в редакцию 17.10.2016
Принята к опубликованию 19.12.2016

Received 17.10.2016
Accepted 19.12.2016