

УДК 678.8

*М.И. Дасковский¹, М.С. Дориомедов¹, С.Ю. Скрипачев¹***СИСТЕМАТИЗАЦИЯ БАЗИСНЫХ ФАКТОРОВ, ПРЕПЯТСТВУЮЩИХ
ВНЕДРЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
В РОССИИ (обзор)**

DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-5-6-6

Представлена информация о базисных факторах, оказывающих влияние на широкое внедрение и применение полимерных композиционных материалов (композитов), конструкций и изделий из них в различных отраслях промышленности России. Поскольку отрасль по созданию и изготовлению композитов в России находится на начальной стадии развития, то выявление проблем внедрения полимерных композиционных материалов и их решение является актуальной задачей. Для повышения эффективности производства композиционных материалов и одновременного роста внутреннего спроса на них необходима систематизация сдерживающих факторов и разработка превентивных мер по их решению.

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 13.2. «Конструкционные ПКМ» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [1].

Ключевые слова: полимерный композиционный материал, препятствующие факторы.

The article provides information on the basic factors influencing the widespread implementation and use of composite materials (composites), structures and products from them in various industries in Russia. Since production of composites in Russia is at the initial stage of development, the identification and resolution of problems of implementation of composite materials is an important task. In order to increase the efficiency of production of composite materials and the simultaneous growth of domestic demand for them it is needed to systematize impeding factors and develop preventive measures to address them.

Work is executed within implementation of the complex scientific direction 13.2. «Structural PCM» («The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030») [1].

Keywords: polymer composite material, impeding factors.

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 настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) приобретают все большее значение как основные конструкционные и функциональные материалы в авиационной, строительной, энергетической и других секторах промышленности. Создание крупногабаритных конструкций, эксплуатирующихся в различных климатических зонах и агрессивных средах, напрямую зависит от применения ПКМ [1–7].

Растущий спрос на изделия и конструкции из ПКМ обусловлен, с одной стороны, высокими эксплуатационными характеристиками (механические, химические, коррозионные, изоляционные свойства) в сравнении с пластиками и металлами; с другой – высокой потенциальной экономической выгодой от их внедрения (сокращение итоговых расходов, повышение производительности, снижение массы, простота установки и сборки).

Анализ состояния отрасли по производству композитов в России свидетельствует о существенном отставании от зарубежных стран как по отраслям экономики, в которых применяются конструкции и изделия из ПКМ, так и по количеству используемых технологий, масштабам производства материалов, развитостью внутреннего рынка потребления. Так, по данным Межведомственного совета по вопросам развития разработки, производства и применения композиционных материалов, объем российского рынка составляет в пределах 0,5–1% от мирового.

Производство ПКМ имеет свою специфику и отличается многообразием функциональных и технологических особенностей. Анализ сложившейся ситуации в отрасли производства композитов в России выявил необходимые факторы, влияющие на процесс разработки, производства и внедрения ПКМ в различных сферах и отраслях экономической деятельности России.

Важно отметить, что решение вопроса сокращения технологического отставания, наращивания объемов производства ПКМ и изделий из них, а также повсеместного их распространения – задача чрезвычайно сложная, решать которую необходимо комплексно.

Основные положения и проблемы в области внедрения ПКМ

На основании научной литературы авторами данной статьи выявлены наиболее значимые проблемы российской отрасли по производству композиционных материалов. Решение их в рамках Подпрограммы 14 «Развитие производства композиционных материалов (композитов), конструкций и изделий из них» ГП «Развитие промышленности и повышения ее конкурентоспособности» станет первым шагом для существенного сокращения отставания России от зарубежных стран как по отраслям экономики, в которых применяются конструкции и изделия из ПКМ, так и по объему их производства.

1. Недостаточная интенсивность замещения традиционных материалов и высокие экономические риски внедрения ПКМ

В настоящее время наблюдается недостаточная интенсивность замещения традиционных материалов новыми ПКМ на внутреннем рынке, что определяет отставание России в структуре потребления ПКМ от зарубежных стран – США, стран Европейского союза и др., что приводит к доминированию зарубежных производителей на отечественном рынке и снижению конкурентоспособности отечественной продукции. Так, предприятию-производителю важно не столько наладить ритмичное производство продукции из ПКМ, а найти конкретную потребительскую нишу на рынке для своего товара. Однако и на мировом рынке наблюдается недостаточная интенсивность замещения традиционных металлических материалов полимерными композиционными материалами. Анализ степени замещения композитами традиционных материалов (сталь и алюминий) в различных отраслях экономики приведен на рис. 1.

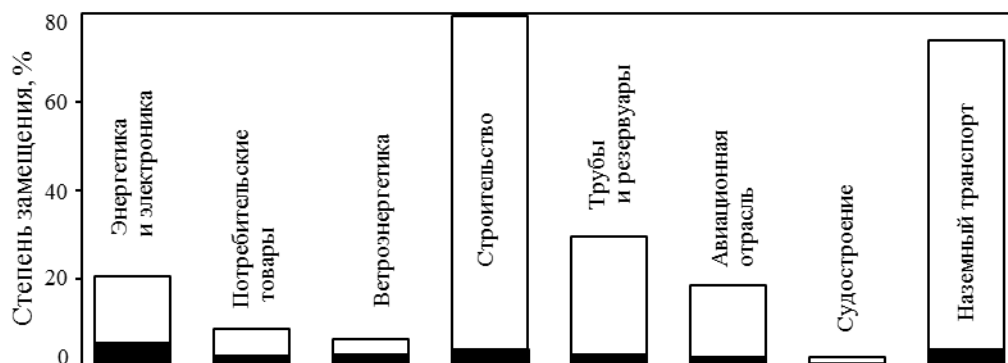


Рис. 1. Мировая тенденция степени замещения полимерных композиционных материалов (■) в различных отраслях экономики по сравнению с традиционными материалами (□)

Наряду с этим следует отметить, что стоимость ряда конструкций и изделий из композиционных материалов превышает стоимость аналогичной продукции из традиционных материалов. Так, стоимость 1 м² стального настила (по ГОСТ 8568–77) в 2–3 раза ниже стоимости аналогичного настила из композиционных материалов. При этом стоимость композитной арматуры, используемой для армирования бетонных конструкций, существенно ниже металлической. Несмотря на заявляемые преимущества по увеличенным срокам эксплуатации изделий из ПКМ ввиду их устойчивости к воздействию агрессивных сред и других факторов внешней среды (температуры, влажности, солнечной радиации и др.), достоверных сведений об изменении их характеристик в течение длительного времени сейчас не существует, что влечет за собой нежелание бизнеса (потребителей) вкладывать значительные средства в закупку и внедрение изделий из композиционных материалов вследствие высоких экономических рисков.

2. Проблема обеспечения конкурентоспособности продукции из ПКМ

В настоящее время существуют два основных направления развития, где продукция, производимая отечественными предприятиями, безусловно, конкурентоспособна по техническим характеристикам:

- производство композитов из стеклянных волокон (характеристики отечественных марок стекловолокна на уровне мировых аналогов) – рис. 2;
- производство органических композитов из арамидных волокон (характеристики отечественных марок арамидных волокон превышают мировые аналоги).

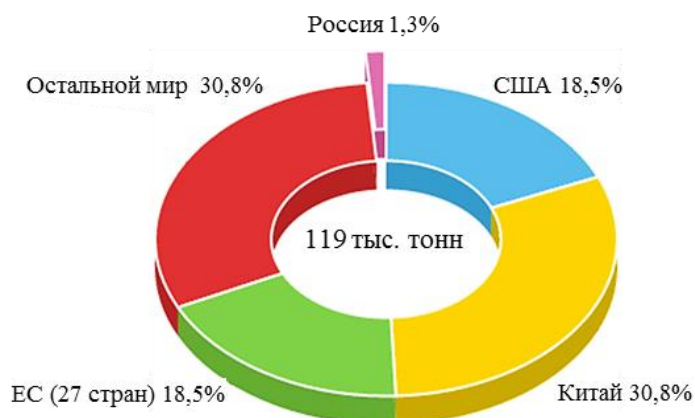


Рис. 2. Объемы производства стекловолокна на мировом рынке

Композиционные материалы на основе стеклянных наполнителей (стекловолокна) в настоящее время остаются наиболее широко применяемыми в различных областях техники. По данным зарубежных и отечественных экспертов их применение составляет не менее 80% от использования всех видов композиционных материалов.

Однако в России производством стекловолокна (непрерывное и штапельное стекловолокно и изделия из него) занимаются не более 12 крупных предприятий. В Китае таких производств насчитывается 150, а годовой совокупный объем выпускаемой ими продукции превышает 1 млн т (для сравнения: в России за 2013 г. было произведено чуть более 300 тыс. т). Несмотря на то что объемы производства российского стекловолокна не позволяют говорить об его экспортном потенциале, этого количества пока достаточно для удовлетворения нужд внутреннего рынка и недопущения на него импортной продукции.

Иначе дело обстоит с производством углеродных волокон, основными потребителями которых являются предприятия авиационно-космической промышленности, судостроительной, ракетной и атомной отраслей. Так, потребление углеродных волокон в

России сейчас составляет ~0,2% от мирового рынка (рис. 3). В то время как в зарубежных странах углепластики находят широкое применение в таких отраслях, как автомобилестроение, ветроэнергетика, строительство, изготовление профессионального и любительского спортивного инвентаря и др. При этом, по данным таможенной статистики, в России ~70% потребляемых композиционных материалов на основе углеродного волокна приходится на продукцию западных предприятий.



Рис. 3. Объемы производства углеволокна на мировом рынке

Одновременно с этим в России в настоящее время отсутствуют не только современные серийные технологии и промышленное производство углеродных волокон из полиакрилонитрильного (ПАН) волокна гидрата целлюлозы, но и высококачественные прекурсоры (в первую очередь – ПАН-волокна) для их производства. Необходимо также отметить высокую стоимость конечной продукции, произведенной на российских предприятиях.

По статистическим данным электронных торговых площадок для проведения коммерческих и государственных закупок, стоимость отечественной продукции на 150–180% выше, чем западных аналогов. Средняя стоимость углеродной ткани марки УТ-900-3-240 ЭД за 2015 г. (при проведении торгов) составила 5000 руб. за м². Стоимость зарубежного аналога – углеродной ткани марки Rogcher арт. 3692 не превышала 1700 руб. за м².

Сложившаяся в отрасли ситуация связана в первую очередь с отсутствием сформировавшегося рынка композиционных материалов в России: слаборазвитая нормативно-правовая база для использования композиционных материалов, недостаточный уровень обучения и подготовки инженеров, а также отсутствие налаженного внедрения прорывных (инновационных) технологий. Кроме того, далеко не все предприятия имеют необходимую инфраструктуру для освоения и применения не только прорывных технологий, но внедрения и, главное, широкого применения уже апробированных и доказавших свою эффективность в других странах инновационных технических решений.

При организации производства на российских предприятиях уже отработанных за рубежом материалов и технологий до сих пор существуют препятствия как экономического, так и технического характера, из-за чего невозможно активное внедрение в России подобных материалов и технологий.

В частности, возникают сложности при импорте технологий, а также проблемы при поставке производственного и исследовательского оборудования из-за отсутствия отечественных конкурентоспособных образцов. Но главным препятствием, определяющим статус отечественных предприятий на внутреннем и внешних рынках, является то, что современные и наиболее перспективные разработки в области композиционных материалов, запатентованные и на территории России, и за рубежом, принадлежат зарубежным компаниям. Одновременно с этим отечественная отрасль столкнулась с тем,

что западные патентообладатели не спешат продавать, внедрять или организовывать производство по данным технологиям на территории России [8–11]. Это связано в первую очередь с желанием зарезервировать перспективный рынок за собственной продукцией и одновременно блокировать попытки налаживания аналогичного производства российскими компаниями, что приводит к серьезной экономической и технической зависимости нашей страны. Необходимо также отметить, что патентные заявки зарубежных фирм составлены таким образом, что обойти их путем внесения в собственный способ (продукт, технологию) каких-либо изменений практически невозможно.

3. Проблема утилизации композиционных материалов

В настоящее время остро встает проблема утилизации ПКМ в приоритетных секторах промышленности. Так, с учетом ожидаемых результатов реализации Подпрограммы, общий объем производства ПКМ к 2020 г. (в тоннаже) составит ~117–118 млн кг (рис. 4), а потребление их на душу населения увеличится с 0,6 в 2016 г. до 0,8 кг/чел. в 2020 г. (рис. 5). При этом объем подлежащих утилизации ПКМ (стеклопластиков, углепластиков и др.) по различным экспертным оценкам может достигнуть 1–3% от годового производства, что с учетом реализации Подпрограммы может составить десятки тонн отходов (рис. 6).

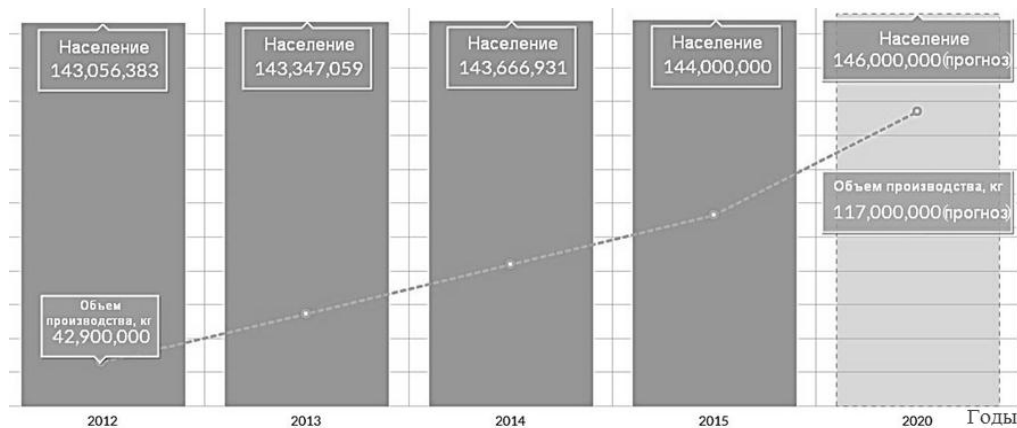


Рис. 4. Прогноз до 2020 г. по объемам производства полимерных композиционных материалов

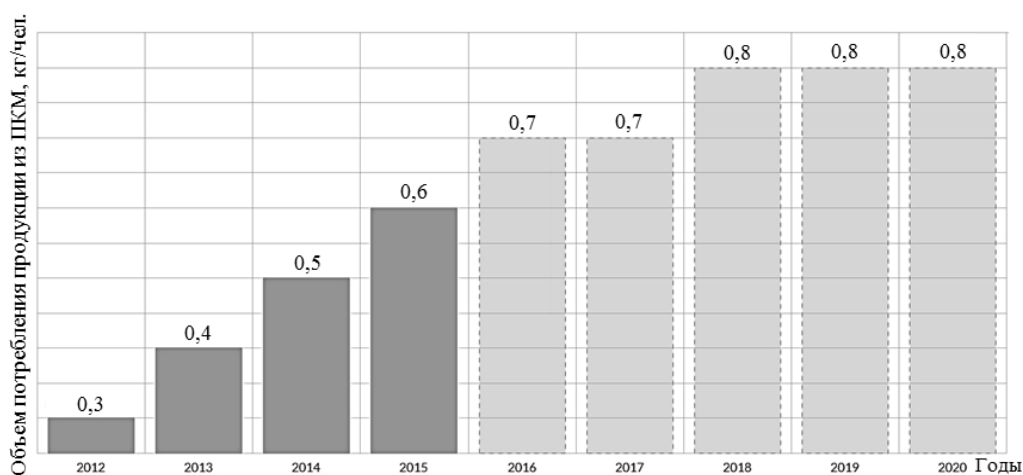


Рис. 5. Прогноз до 2020 г. по объемам потребления продукции из композиционных материалов на душу населения в Российской Федерации



Рис. 6. Прогноз подлежащих утилизации отходов при производстве полимерных композиционных материалов

Решение вопроса по утилизации композиционных материалов является одним из основных факторов, способствующих их широкому внедрению и применению в различных отраслях промышленности. Кроме того, учитывая такое специфическое свойство ПКМ, как стойкость к внешним воздействиям окружающей среды, проблема утилизации композиционных материалов носит прежде всего экологический характер [12, 13].

4. Технологические особенности использования ПКМ: ограниченные ремонтпригодность и температура эксплуатации

Эффективное внедрение ПКМ, конструкций и изделий из них в различные отрасли промышленности невозможно без знания их технологических особенностей. В настоящее время высокая стоимость и ограниченная температура эксплуатации композиционных материалов, а также трудоемкость ремонта изделий и конструкций из них являются основными недостатками этих перспективных ПКМ [14, 15].

Так, с учетом существующих связующих, рабочие температуры ПКМ, конструкций и изделий на их основе достигают 180°C при длительной эксплуатации и 400°C при кратковременном воздействии. Однако для широкого внедрения ПКМ, например в цветной металлургии, транспортном машиностроении (авиационная промышленность), энергетике, требуются материалы с более высокими рабочими температурами эксплуатации, которые находятся на уровне или превышают аналогичные показатели традиционно используемых материалов.

Проблемы, возникающие при ремонте изделий и конструкций из композиционных материалов, также оказывают существенное влияние на их внедрение. Если технологии ремонта или знания о ремонтпригодности традиционных материалов известны давно и широко применяются в различных отраслях промышленности, то ремонтные технологии для ПКМ находятся в состоянии разработки.

5. Высокая конкурентность со стороны зарубежных разработок

Конкурентоспособность отрасли производства композиционных материалов определяется ценой, качеством и объемами реализации продукции. В настоящее время отрасль производства композиционных материалов России не способна выдержать конкуренцию на зарубежном рынке. Во многом это связано с тем, что, во-первых, мно-

гие процессы производства принадлежат крупным зарубежным химическим концернам, по существу являющимся монополистами в данном сегменте высокотехнологичной продукции. Во-вторых, зависимость национальной экономики России от зарубежных поставок дефицитных компонентов, производственного оборудования, программно-проектных комплексов также существенно влияет на качество и стоимость изделий и конструкций из ПКМ.

Высокий качественный уровень демонстрируют зарубежные разработки в рамках комплексных инновационных проектов, реализуемых по субсидиям Минпромторга России. Например, в рамках инновационного проекта по разработке и изготовлению специальных экструзионных марок поликарбоната одной из задач является получение листового ударостойкого, антивандального, абразивостойкого прозрачного материала. В настоящее время поликарбонат с защитным антиабразивным покрытием серийно выпускается многими производителями, в частности компаниями SABIC Innovative Plastics (защитный слой марки Margard), Bayer Materialscience (материал марки Macrolon AR) и Palram (материал марки Palgard).

Аналогично в рамках инновационного проекта по разработке материалов для ремонта, усиления и сейсмоусиления строительных каменных, металлических и бетонных конструкций классическим решением является материал марки CarboDur от компании Sika и др.

В рамках инновационного проекта по разработке функциональных композиционных материалов для шпунтовых ограждений с целью освоения подземного пространства, прокладки котлованов большой глубины в стесненных условиях и систем защиты от чрезвычайных стихийных бедствий, в частности, проводились исследования в данной области Construction Engineering Research Laboratories в рамках программы «Construction Productivity Advancement Research (CPAR)». По данному проекту проводили как лабораторные, так и натурные испытания различных технических систем, представленных восьмью производителями. Примером современной системы является продукция под маркой SuperLoc от компании Creative Pultrusions.

6. Экологические вопросы внедрения композиционных материалов

Экологические вопросы, связанные с внедрением ПКМ, можно разделить на две основные группы:

- токсичность компонентов связующих на этапе производства связующих и изделий из ПКМ;
- выделение химических веществ из изделий, изготовленных из ПКМ, на этапе их эксплуатации.

Токсичность и пожароопасность компонентов материала является важным фактором. Ситуация осложняется тем, что изделия из композиционных материалов часто позиционируются как замена аналогичных металлических изделий, на этапе производства которых таких проблем не возникает. Токсичными могут являться как сами компоненты связующих (в том числе катализаторы, пигменты, пластификаторы и др.), так и растворители, широко используемые для снижения вязкости – повышения технологичности.

Использование токсичных и пожароопасных компонентов также влияет на себестоимость процесса производства, поскольку для производства изделий из таких материалов требуется соблюдение особых норм пожарной безопасности, охраны труда и требований безопасности (установка автоматических систем пожаротушения, специ-

альных хранилищ для легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), систем вентиляции, обеспечивающих необходимую кратность воздухообмена в производственных помещениях и т. п.).

Выделение химических веществ из изделий, изготовленных из ПКМ, на этапе их эксплуатации также является существенным фактором, например, когда изделия из композиционных материалов применяются в гражданском строительстве. В частности, такой проблемой является выделение пластификаторов из эпоксидных композиций, поэтому в настоящее время чаще используются реакционноспособные флексибилизаторы и другие методы модификации эпоксидных композиций.

Отметим также схожесть выявленных факторов и проблем, с которыми сталкиваются страны с развивающейся экономикой, например Индия, Бразилия, ЮАР. Так, опрос индийских производителей композиционных материалов авторитетным международным аналитическим агентством Lucintel выявил следующие проблемы, стоящие перед отраслью: наличие некачественного сырья, высокая лабильность рыночной системы в сочетании с удорожанием сырья и материалов, нехватка квалифицированного персонала, недостаточная осведомленность о композитах в секторах экономики страны, контроль качества и стандартизация. В России кроме вышеупомянутых проблем отмечается еще и отсутствие отечественного оборудования.

Заключение

Таким образом, наиболее актуальной задачей в настоящее время является проведение всесторонней оценки влияния того или иного фактора на процесс широкого внедрения изделий и конструкций из композиционных материалов, а также разработка мер по их снижению. В данном обзоре приведены только некоторые факторы, которые, по мнению авторов, имеют наибольшее значение для развития отрасли производства композиционных материалов без их дифференциации по степени влияния.

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. Доспехи для «Бурана». Материалы и технологии ВИАМ для МКС «Энергия–Буран» / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Фонд «Наука и жизнь», 2013. 128 с.
3. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение // *Все материалы*. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.
4. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // *Вестник Российской академии наук*. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
5. Власенко Ф.С., Раскутин А.Е. Применение полимерных композиционных материалов в строительных конструкциях // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2013. №8. Ст. 03. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.10.2015).
6. Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России // *Металлы Евразии*. 2012. №3. С. 10–15.
7. Каблов Е.Н. ВИАМ: продолжение пути // *Наука в России*. 2012. №3. С. 36–44.
8. Каблов Е.Н. Право на рейтинг. Как оценить интеллектуальный ресурс России? // *Поиск*. 2013. №45–46. С. 11.
9. Каблов Е.Н. ВИАМ. Направление главного удара // *Наука и жизнь*. 2012. №6. С. 14–18.
10. Каблов Е.Н. На перекрестке науки, образования и промышленности // *Эксперт*. 2015. №15 (941). С. 49–53.

11. Каблов Е.Н. Россия на рынке интеллектуальных ресурсов // Эксперт. 2015. №28 (951). С. 48–51.
12. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №8. Ст. 09. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.10.2015). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9.
13. Петров А.В., Дориомедов М.С., Скрипачев С.Ю. Зарубежный опыт развития производства изделий с использованием вторично переработанных полимерных композиционных материалов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2016 (в печати).
14. Бабин А.Н. Связующие для полимерных композиционных материалов нового поколения // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №4. Ст. 11. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.10.2015).
15. Шарова И.А. Отечественный и зарубежный опыт в области разработки эпоксидных клеев холодного отверждения // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. №7. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 24.10.2015). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-7-5-5.