



УДК 667.621.262.2

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-7-5-5

**ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ
В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ЭПОКСИДНЫХ
КЛЕЕВ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ**

И.А. Шарова

Июль 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.

*И.А. Шарова*¹

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ЭПОКСИДНЫХ КЛЕЕВ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Показаны достоинства ремонтных технологий с использованием клеевых материалов. Приведены основные свойства отечественных и зарубежных эпоксидных клеев, используемых при проведении ряда ремонтно-восстановительных работ: для устранения аварий и проведения профилактических работ на судах, нефте- и газопроводах, в авиационной промышленности, включая сотовые конструкции, а также для решения актуальной проблемы ремонта автомобилей.

Ключевые слова: *эпоксидные клеи, клей холодного отверждения, быстротверждающийся клей, склеивание металлических и композиционных материалов, клей горячего отверждения, зазорозаполняющий клей.*

I.A. Sharova

DOMESTIC AND FOREIGN EXPERIENCE IN AREA OF COLD CURING EPOXY ADHESIVES DEVELOPMENT

Advantages of repair technologies with use of adhesives materials are shown. The main properties of the domestic and foreign epoxy adhesives used at carrying out number of rescue and recovery operations are given: for elimination of failures and carrying out preventive works on vessels, oil and gas pipelines; in the aviation industry, including cellular designs, and also for the solution of actual problem of car repairs.

Keywords: *epoxy adhesives, cold curing adhesive, quick-harden adhesive, bonding of metal and composite materials, adhesive of hot curing, coal filling material adhesive.*

¹ Федеральное 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

Разнообразие свойств клеев дает возможность при разработке нового изделия из всего ассортимента клеящих материалов выбрать те, которые полностью отвечают разнообразным техническим требованиям, предъявляемым к клеевым соединениям [1].

Широкое применение в различных областях техники и народного хозяйства находят эпоксидные клеи благодаря таким ценным свойствам, как высокая адгезия к самым различным материалам, хорошие физико-механические характеристики, незначительная усадка при отверждении, высокая химическая стойкость, возможность отверждения при комнатной температуре и т. д. Поэтому новые разработки в области клеев на основе эпоксидных олигомеров и технологий склеивания с их использованием представляют значительный интерес.

Одним из важнейших направлений в области технологий склеивания являются ремонтные технологии. Это связано с тем, что традиционные способы ремонта и восстановления изношенных узлов и механизмов в промышленности требуют больших финансовых и трудовых затрат. Замена деталей на новые не всегда экономически выгодна. Кроме того, ремонту уделяется серьезное внимание в связи с развитием приоритетных работ по принципам «зеленой» химии [2].

Увеличение объемов применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) в авиационной технике как одного из перспективных направлений развития материалов [3–7] потребовало изучения типов возникающих дефектов в агрегатах из ПКМ и разработки ремонтных технологий для их устранения. Сотовые конструкции являются наиболее тонкостенными агрегатами, выходящими на наружный контур самолетов. С сотовым наполнителем выполняются ответственные элементы механизации крыла и оперения. Они более других чувствительны к сосредоточенным нагрузкам, часто повреждаются при попадании посторонних предметов (птиц, камней, стусков битума с взлетно-посадочной полосы и др.) и влаги, а также от небрежности и отсутствия квалификации обслуживающего персонала (удары при движении стремянок, при падении инструментов и др.). Очевидно, что основными дефектами являются отслоения, которые возникают вследствие попадания влаги в сотовые конструкции [8].

Из-за отсутствия специализированного оборудования, позволяющего создать в зоне ремонтируемого участка требуемые температуру (120–175°C) и давление (0,2–0,8 МПа), во многих случаях используют жидкие и пастообразные эпоксидные клеи холодного отверждения [9]. Наиболее оптимальным способом ремонта отслоений с использованием клеев холодного отверждения является вырезка дефектной зоны обшивки (и, при необходимости, сотового наполнителя) и приклеивание фрагмента обшивки по месту ремонта. Такой способ позволяет тщательно просушить зону ремонта, выявить и заблокировать источник проникновения влаги, качественно и надежно отремонтировать со-

товый наполнитель, полностью реализовать прочностные свойства клеевых соединений и обеспечить герметичность отремонтированной зоны агрегата [10].

Например, применяют, в том числе в самолетах серии «Ил», разработанные в ВИАМ эпоксидные клеи марок ВК-9 и ВК-27, которые используются для склеивания металлических и композиционных материалов, выполнения клееклепаных, клеерезьбовых и других соединений (клей ВК-27), в том числе при стапельной сборке планера самолета [11]. В отдельных случаях эти клеи используют с подслоем из эластичного клея ВК-25.

В ВИАМ разработан широкий ассортимент эпоксидных клеев, которые нашли применение при ремонте и изготовлении силовых деталей и агрегатов из металлов и ПКМ в конструкциях изделий авиакосмической техники и других отраслях промышленности [12–14]. Так, разработан термостойкий клей холодного отверждения марки ВК-58, который рекомендуется для склеивания металлов (углеродистых и нержавеющей сталей, титановых сплавов) между собой и с термостойкими неметаллическими материалами, а также для крепления высокотемпературных тензорезисторов. Интервал рабочих температур клея составляет от -60 до $+500^{\circ}\text{C}$, в том числе при 200°C в течение 100 ч. Клей нашел применение и для ремонтных целей. Разработана технология ремонта типовых дефектов систем кондиционирования воздуха (СКВ) с использованием клея ВК-58, которая позволяет восстановить функционирование и продлить ресурс СКВ, получить значительный экономический эффект за счет исключения длительных простоев авиационной техники, связанных с заменой поврежденных СКВ.

При эксплуатации вертолетов имеют место случаи повреждения хвостовых отсеков лопасти, и возникает необходимость их замены в условиях эксплуатации. В ВИАМ совместно с АО «Вертолетный завод им. М.Л. Миля» и НИИЭРАТ разработана ремонтная технология склеивания хвостовых отсеков с лонжероном лопасти в полевых условиях. В соответствии с разработанной технологией склеивание рекомендуется проводить клеями горячего отверждения, такими как ВК-3 и ВК-50, а также клеем холодного отверждения ВК-27А, представляющим собой пастообразный эпоксикаучуковый клей, армированный нетканым материалом. Рекомендации по применению данных клеев для указанной цели подтверждены стендовыми и наземными испытаниями.

Весьма актуальной задачей является создание зазорозаполняющих клеев холодного отверждения, которые необходимы при изготовлении клеевых соединений деталей и агрегатов конструкций криволинейной поверхности авиационной техники, где не во

всех случаях достигается качественная подгонка склеиваемых поверхностей, что приводит к образованию зазоров размером до 0,5 мм.

В ВИАМ разработан эпоксидный клей ВК-67М, который может быть использован в качестве конструкционного клея, который обеспечивает следующий уровень прочности клеевых соединений:

Температура эксплуатации, °С	Прочность при сдвиге, МПа
20	19–20
80	16–17
125	10–11
150	3,5–4.

Клей обладает способностью заполнять зазоры величиной от 0,3 до 0,5 мм, при этом прочность при сдвиге клеевых соединений в зазоре составляет при 20°С не менее 14,0 МПа, при 150°С: 1,8 МПа. Клей работоспособен в интервале температур от -60 до +125°С. Клеевые соединения на основе зазорозаполняющего клея являются водо-, тропико-, грибостойкими и устойчивы к длительному воздействию температур до 125°С.

На основании проведенных исследований [15, 16] клей может быть рекомендован для склеивания и заполнения зазоров от 0,3 до 0,5 мм между поверхностями из алюминиевых сплавов, углеродистой стали, полимерных композиционных материалов (стекло- и углепластиков).

В России в последние годы также возрос интерес к быстроотверждающимся клеям из-за потребности в ремонтных составах, которые могли бы стать альтернативой «холодной сварке» и отверждаться в течение нескольких часов или даже минут.

Необходимым требованием к быстроотверждающимся эпоксидным клеям является обеспечение достаточного уровня технологической (начальной) прочности клеевых соединений через несколько часов отверждения при температуре $23 \pm 5^\circ\text{C}$, что позволяет существенно снизить трудоемкость технологического процесса склеивания благодаря возможности проведения последующих технологических операций до полного завершения процесса склеивания.

Такие страны, как США, Япония и Россия, активно занимаются исследованиями в направлении создания клеев быстрого отверждения. Однако разработанные в настоящее время клеи обладают рядом недостатков: неудовлетворительной жизнеспособностью (например, быстроотверждающийся универсальный клей 5 MinuteEpoxyFR фирмы Devcon, жизнеспособность которого составляет 3–5 мин), которая не позволяет использовать такие клеи для склеивания поверхностей большой площади; длительной продолжительностью отверждения – от 24 до 48 ч (для клеев марок ВК-9 и ВК-27) и,

как следствие, отсутствием начальной прочности клеевых соединений, что увеличивает продолжительность и трудозатраты процесса склеивания.

В ВИАМ разработан быстроотверждающийся эпоксидный клей холодного отверждения ВК-93 на основе эпоксидных олигомеров, эластификатора и отверждающей системы, обеспечивающий начальную прочность клеевых соединений $\tau_{\text{в}}^{20^{\circ}} = 7,0\text{--}10,3$ МПа после 5 ч отверждения при температуре $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ и максимальную прочность $\tau_{\text{в}}^{20^{\circ}} = 20\text{--}23$ МПа после 24 ч отверждения при указанной температуре. Клей предназначен для склеивания металлических и композиционных материалов (стекло- и углепластиков), а также для оперативного ремонта деталей и агрегатов, в том числе в полевых условиях. Жизнеспособность клея составляет от 30 до 50 мин, что позволяет склеивать поверхности большой площади [17, 18].

Разработана перспективная технология применения быстроотверждающегося эпоксидного клея ВК-93 в сочетании с самоклеящимся материалом на тканевой основе ВСМТ, предназначенная для оперативного ремонта сотовых агрегатов из ПКМ [19, 20].

В направлении создания быстроотверждающихся клеевых составов успешно работает фирма ОАО «Композит» (г. Королев), специалистами которой предложена двухкомпонентная минералопolyмерная клеевая мастика «Маком-1», предназначенная для заделки и выравнивания дефектов, усиления поверхностей из металлов, керамики и пластиков, а также для пломбирования различных приборов и изделий. Клеевая мастика наносится на поверхность любой влажности и начинает отверждаться при температуре от -10°C . Технологическое отверждение при температуре $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ происходит в течение 3–5 ч, полное – в течение 18 ч. Отвержденная клеевая мастика работоспособна при температуре от -150 до $+200^{\circ}\text{C}$ в условиях повышенной влажности, бензиновых и масляных сред. Однако данный клеевой состав не обеспечивает получение оптимального клеевого шва толщиной 0,1–0,2 мм, имеет невысокие прочность при скалывании и отдире, вибро- и ударопрочность из-за высокого минералонаполнения. Поэтому был разработан быстроотверждающийся клеевой состав ЦМК-26 на основе модифицированных эпоксидных смол, обеспечивающий прочность при сдвиге не менее 10 МПа через 3 ч после склеивания при температуре $18\text{--}25^{\circ}\text{C}$. К недостаткам клея марки ЦМК-26 следует отнести ограниченную жизнеспособность, которая составляет 15–20 мин. Клей обеспечивает склеивание металлов и конструкционных пластиков при температуре от -196 до $+200^{\circ}\text{C}$. При этом установлено, что прочностные характеристики клеевых соединений через 2, 7 и 10 сут несколько возрастают, следовательно, в процессе дальнейшей выдержки происходит их доотверждение без повышения хрупкости, в то время

как для многих быстроотверждающихся клеев характерно повышение хрупкости (снижение когезионной прочности) с увеличением степени отверждения [21].

Казанской государственной архитектурно-строительной академией запатентована клеевая композиция, предназначенная для склеивания металлических и неметаллических замасленных поверхностей.

Специалистами УкрГосНИИПластмасс разработан эпоксидный клей ускоренного отверждения марки УП-5-233ПЭН, который представляет собой композицию, включающую продукт совмещения эпоксидной модифицированной смолы с диоксидом титана и отвердитель. Клей предназначен для соединения деталей из металлов (сталь, алюминиевый сплав и др.) и стеклопластиков (эпоксидных, полиэфирных, полиамидных) конструкционного назначения. Жизнеспособность клея составляет при 20°C от 10 до 60 мин.

Проведение различных ремонтных работ на мокрых поверхностях, в том числе находящихся в водной среде, является весьма актуальной задачей. Из отечественных и зарубежных источников известно, что для подводных ремонтно-восстановительных работ применяют в основном составы на основе эпоксидных смол, так как они характеризуются минимальным водопоглощением по сравнению с другими реактопластами, обладают универсальными адгезионными и технологическими свойствами. Например, эпоксидные клеи марок УП-5-177 и УП-5-177-1, предназначенные для склеивания поверхностей при ремонте металлических и стеклопластиковых конструкций под водой при температурах от 0 до 35°C. Эти клеи широко применяют для ремонта изношенных и поврежденных металлических и деревянных конструкций судов, настила палубы, а также трубопроводов различных систем. Клей УП-5-177-1 предназначается также для пропитки и наклейки слоев стеклоткани на поврежденные места металлических, стеклопластиковых конструкций по влажной поверхности и в водной среде, обеспечивая прочность при изгибе стеклопластика 300–400 МПа при отверждении на воздухе в течение 7 сут и 200–300 МПа при отверждении в воде при 20°C в течение 7 сут.

Фирмой ЗАО «Анлес» разработан ряд эпоксидных клеев (Эпокси-универсал, Эпокси-обувной, Эпокси-экспресс, Эпокси-экслюзив и т. д.), предназначенных для склеивания металлов, кожи, резины, полимерных материалов, ремонта обуви из натуральной и искусственной кожи, кожзаменителя.

При создании и эксплуатации современной техники требуются новые способы герметизации, восстановления металлических деталей, устранения дефектов литья (раковин, каверн, трещин), «лечения» последствий стресс-коррозии на магистральных тру-

бпроводах и т. д. Использование полимерных материалов для этих целей позволяет производить ремонт без демонтажа оборудования и восстановительные работы в тех случаях, когда из-за высокого риска взрыва или пожара традиционные способы неприемлемы.

Разработки ФГУП «НИИ полимеров» в области клеев-компаундов марки «Анатерм» представляют собой наполненные композиции холодного отверждения, отличающиеся консистенцией (от жидкотекучей до пастообразной), скоростью отверждения и набора максимальной прочности (от 24 до 48 ч при температуре 20°C). Основой клеев-компаундов являются модифицированные эпоксидные смолы, отверждаемые аминными соединениями с различной реакционной активностью. Жизнеспособность клеев составляет от 10 до 60 мин, прочность при равномерном отрыве при температуре 20–25°C составляет 25–35 МПа. Клеи-компаунды имеют высокую адгезию к различным субстратам (металлам и сплавам, керамике, бетону, дереву, пластмассам), обладают необходимой твердостью в отвержденном состоянии и могут подвергаться механической обработке [22].

Состав «Анатерм-218», основой которого являются эпоксиакрилатные аддукты с добавками упрочняющих минеральных и металлических наполнителей, применяется для ремонта магистральных газо- и нефтепроводов при эксплуатации без остановки их работы.

Клеи серии «Анатерм-200» на основе олигоэфиракрилатов, модифицированных эпоксидным олигомером, применяются для обеспечения герметичности поврежденных трубок автомобильного радиатора.

Такие известные зарубежные фирмы, как Weicon (Германия), 3M Innovative Properties (США) и Hexcel Corporation (США), активно ведут работу в области создания пастообразных и жидких эпоксидных составов холодного отверждения, используемых для склеивания и ремонта различных поверхностей.

Фирма Weicon разработала эпоксидные двухкомпонентные клеи холодного отверждения, не содержащие растворителей и обладающие высокой прочностью при склеивании металлов, полимерных композиционных материалов, армированных стекло- и углеволокном, пластиков, керамики, стекла и т. д. Разработанные клеи таких марок, как WEICONEasy-MixS 50, WEICONEasy-MixN 50, WEICONEasy-MixN 5000, WEICONEasy-MixMetal, WEICONEpoxyMinuteAdhesive и т. д., экономичны, легки в применении (благодаря специальной упаковке с дозаторами) и отличаются свойствами: различным временем жизнеспособности – от 3–4 мин до 45 мин, продолжительностью отвержде-

ния – от 1 до 3 дней, вязкостью (от жидких до пастообразных, которые могут применяться на вертикальных поверхностях) и назначением. Клеи работоспособны в интервале температур – от -50 до +80–145°C.

Специалистами фирмы Hexcel разработан двухкомпонентный эпоксидный клей марки Redux 870 A/B, предназначенный для склеивания волокнистых композитов и металлов. Клей отверждается при температуре 23°C в течение 5 сут, обладает высокой прочностью при сдвиге клеевых соединений при комнатной и повышенной температурах: $\tau_B^{23^\circ} = 43$ МПа, $\tau_B^{150^\circ} = 11$ МПа.

Исследования в области эпоксидных клеевых систем проводит фирма 3M Innovative Properties. Специалисты фирмы предлагают двухкомпонентные клеевые композиции, где первый компонент содержит эпоксидные олигомеры, а второй – смесь из двух отвердителей в сочетании с агентами, повышающими ударную вязкость (обычно это частицы со структурой ядро-оболочка), и наполнителем (с размером частиц – от 0,5 до 500 мкм). Такие клеевые композиции характеризуются хорошими прочностными показателями при сдвиге в широком интервале температур – от -55 до 135°C: $\tau_B^{23^\circ} = 29,6$ МПа, $\tau_B^{135^\circ} = 11,0$ МПа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрова А.П., Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Тюменева Т.Ю., Авдоница И.А., Жадова Н.С. Клеи для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 46–52.
2. Шарова И.А., Петрова А.П. Обзор по материалам международной конференции по клеям и герметикам (WAC-2012, Франция) //Труды ВИАМ. 2013. №8. Ст. 06 (viam-works.ru).
3. 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.
4. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
5. Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2008. №3. С. 2–14.
6. Мухаметов Р.Р., Ахмадиева К.Р., Чурсова Л.В., Коган Д.И. Новые полимерные связующие для перспективных методов изготовления конструкционных волокнистых ПКМ //Авиационные материалы и технологии. 2011. №2. С. 38–42.

7. Дементьева Л.А., Сереженков А.А., Лукина Н.Ф., Куцевич К.Е. Клеевые препреги и слоистые материалы на их основе //Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 19–21.
8. Виленц В.С. Ремонт клеевых соединений в условиях эксплуатации //Клеи. Герметики. Технологии. 2004. №6. С. 26–29.
9. Виленц В.С., Дементьева Л.А. Применение клеев при ремонте сотовых конструкций //Клеи. Герметики. Технологии. 2006. №2. С. 24–26.
10. Виленц В.С. Особенности ремонта дефектов типа «отслоение–расслоение» на сотовых конструкциях из алюминиевых сплавов и композитных материалов в условиях эксплуатации //Клеи. Герметики. Технологии. 2008. №11. С. 14–17.
11. Куликов В.В. Клеевые соединения в изделиях серии «Ил» //Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №1. С. 32–33.
12. Аниховская Л.И. Клеи и материалы на их основе для ремонта конструкций авиационной техники //Клеи. Герметики. Технологии. 2006. №2. С. 21–23.
13. Лукина Н.Ф., Дементьева Л.А., Петрова А.П., Сереженков А.А. Конструкционные и термостойкие клеи //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 328–335.
14. Петрова А.П., Лукина Н.Ф., Шарова И.А. Оценка прочности клеевых соединений, выполненных эпоксидными клеями, при воздействии различных факторов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №8. С. 28–34.
15. Шарова И.А., Лукина Н.Ф. Зазорозаполняющий эпоксидный клей холодного отверждения //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №3. С. 10–12.
16. Лукина Н.Ф., Шарова И.А., Шуклина О.В., Чурсова Л.В. Новые разработки в области клеев авиационного назначения //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №2. С. 9–13.
17. Авдоница И.А., Лукина Н.Ф. Быстроотверждающийся эпоксидный клей ВК-93 холодного отверждения //Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №3. С. 14–17.
18. Эпоксидная клеевая композиция: пат. 2368636 Рос. Федерация; опубл. 27.09.2009.
19. Жадова Н.С., Тюменева Т.Ю., Шарова И.А., Лукина Н.Ф. Перспективные технологии для временного оперативного ремонта авиационной техники //Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 67–70.
20. Шарова И.А., Жадова Н.С., Лукина Н.Ф. Клеящие материалы и технологии для временного оперативного ремонта сотовых агрегатов из полимерных композиционных материалов //Клеи. Герметики. Технологии. 2012. №5. С. 36–39.

21. Гладких С.Н., Колобкова В.М., Кузнецова Л.И. Быстроотверждающиеся клеевые составы холодного отверждения //Строительные и дорожные машины. 2006. №9. С. 37–38
22. Смирнов В.С., Парахина Н.Н., Мурох А.Ф., Хамидулова З.С., Милов В.И., Аронович Д.А., Рогачева И.П., Синеоков А.П., Князев Е.Ф. Применение клеевых материалов при ремонте действующих газопроводов //Клеи. Герметики. Технологии. 2009. №9. С. 22–25.

REFERENCES LIST

1. Petrova A.P., Lukina N.F., Dement'eva L.A., Tjumeneva T.Ju., Avdonina I.A., Zhadova N.S. Klei dlja aviacionnoj tehniki [Adhesives for aircraft] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 46–52.
2. Sharova I.A., Petrova A.P. Obzor po materialam mezhdunarodnoj konferencii po klejam i germetikam (WAC-2012, Francija) [Browse by materials of the international conference on adhesives and sealants (WAC-2012, France)] //Trudy VIAM. 2013. №8. St. 06 (viam-works.ru).
3. 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.
4. Kablov E.N. Himija v aviacionnom materialovedenii [Chemistry aviation materials] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 3–4.
5. Kablov E.N. Aviakosmicheskoe materialovedenie [Aerospace Materials] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2008. №3. S. 2–14.
6. Muhametov R.R., Ahmadijeva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazujushhie dlja perspektivnyh metodov izgotovlenija konstrukcionnyh voloknistyh PKM [New polymeric binders for advanced manufacturing techniques of structural fibrous PKM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
7. Dement'eva L.A., Serezhenkov A.A., Lukina N.F., Kucevich K.E. Kleevye prepregi i sloistye materialy na ih osnove [The adhesive prepreg and laminates based on their] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 19–21.
8. Vilenc V.S. Remont kleevyh soedinenij v uslovijah jekspluatacii [Repair adhesive joints in operation] //Клеи. Герметики. Tehnologii. 2004. №6. S. 26–29.

9. Vilenc V.S., Dement'eva L.A. Primenenie kleev pri remonte sotovyh konstrukcij [Application of adhesives in the repair of cellular structures] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2006. №2. S. 24–26.
10. Vilenc V.S. Osobennosti remonta defektov tipa «otsloenie–rassloenie» na sotovyh konstrukcijah iz aljuminievyh splavov i kompozitnyh materialov v uslovijah jekspluatacii [Features of repair of defects such as «peeling-bundle» on the honeycomb structures made of aluminum alloys and composite materials under operating conditions] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2008. №11. S. 14–17.
11. Kulikov V.V. Kleevye soedinenija v izdelijah serii «II» [Adhesive compound product series «II»] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2009. №1. S. 32–33.
12. Anihovskaja L.I. Klei i materialy na ih osnove dlja remonta konstrukcij aviacionnoj tehniki [Adhesives and materials on their basis to repair aircraft structures] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2006. №2. S. 21–23.
13. Lukina N.F., Dement'eva L.A., Petrova A.P., Serezhenkov A.A. Konstrukcionnye i teplostojkie klei [Structural and heat-resistant adhesives] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №5. S. 328–335.
14. Petrova A.P., Lukina N.F., Sharova I.A. Ocenka prochnosti kleevykh soedinenij, vypolnennykh jepoksidnymi klejami, pri vozdejstvii razlichnykh faktorov [Evaluation of the strength of adhesive joints made of epoxy adhesives, under the influence of various factors] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2013. №8. S. 28–34.
15. Sharova I.A., Lukina N.F. Zazorozapolnjajushhij jepoksidnyj klej holodnogo otverzhenija [Zazorozapolnyayushy cold curing epoxy adhesive] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №3. S. 10–12.
16. Lukina N.F., Sharova I.A., Shuklina O.V., Chursova L.V. Novye razrabotki v oblasti kleev aviacionnogo naznachenija [New developments in the field of adhesives aviation applications] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2013. №2. S. 9–13.
17. Avdonina I.A., Lukina N.F. Bystrootverzhdajushhij jepoksidnyj klej VK-93 holodnogo otverzhenija [Fast hardening epoxy VC-93 cold-curing] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2009. №3. S. 14–17.
18. Jepoksidnaja kleevaja kompozicija [Epoxy adhesive composition]: pat. 2368636 Ros. Federacija; opubl. 27.09.2009.
19. Zhadova N.S., Tjumeneva T.Ju., Sharova I.A., Lukina N.F. Perspektivnye tehnologii dlja vremennogo operativnogo remonta aviacionnoj tehniki [Promising technologies for

- temporary operative repair of aviation equipment] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 67–70.
20. Sharova I.A., Zhadova N.S., Lukina N.F. Klejashhie materialy i tehnologii dlja vremennogo operativnogo remonta sotovyh agregatov iz polimernyh kompozicionnyh materialov [Adhesives and technologies for the repair of cellular interim operational units of the polymer composites] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2012. №5. S. 36–39.
21. Gladkih S.N., Kolobkova V.M., Kuznecova L.I. Bystrootverzhdajushhiesja kleevye sostavy holodnogo otverzhenija [The fast cold curing adhesives] //Stroitel'nye i dorozhnye mashiny. 2006. №9. S. 37–38
22. Smirnov V.S., Parahina N.N., Muroh A.F., Hamidulova Z.S., Milov V.I., Aronovich D.A., Rogacheva I.P., Sineokov A.P., Knjazev E.F. Primenenie kleevyh materialov pri remonte dejstvujushhikh gazoprovodov [Application of adhesives in the repair of existing pipelines] //Klei. Germetiki. Tehnologii. 2009. №9. S. 22–25.