



УДК 629.7.023.222

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-11-8-8

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ
ТОПЛИВОСТОЙКИХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОПЛИВНЫХ КЕССОН-БАКОВ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (обзор)**

В.А. Кузнецова

кандидат технических наук

Г.В. Кузнецов

Ноябрь 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.

УДК 629.7.023.222

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-11-8-8

В.А. Кузнецова¹, Г.В. Кузнецов¹

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ ТОПЛИВОСТОЙКИХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОПЛИВНЫХ КЕССОН-БАКОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (обзор)

Рассмотрены тенденции развития в области топливостойких покрытий, которые выполняют функцию защиты от коррозии внутренней поверхности топливных кессон-баков, изготовленных из алюминиевых сплавов, а также полимерных композиционных материалов. Проведен анализ научно-технической документации и охранных документов ведущих стран мира по проблеме разработки топливостойких покрытий.

Ключевые слова: *топливостойкая грунтовка, защитное покрытие, эпоксидный олигомер, топливостойкость, влагостойкость, адгезия, модификатор, отвердитель.*

V.A. Kuznetsova, G.V. Kuznetsov

DEVELOPMENT TRENDS IN THE FIELD OF FUEL RESISTANT PAINTWORK COATINGS FOR PROTECTION OF INTEGRAL FUEL TANKS OF AIRCRAFTS (REVIEW)

Development trends in the field of fuel resistant coatings which carry out a function of corrosion protection of inner surface of integral fuel tanks made from aluminum alloys, and also polymeric composite materials were considered. Analysis of scientific and technical documentation and security documents of world leading countries on the problem of development of fuel resistant coatings was carried out.

Keywords: *fuel resistant priming, protective coating, epoxy oligomer, fuel resistance, moisture resistance, adhesion, modifier, hardener.*

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

Характерной особенностью конструкций летательных аппаратов является применение металлических панелей небольшой толщины, а также наличие значительных напряжений в конструкции самолета при эксплуатации, поэтому лакокрасочным материалам, применяемым в авиации, отводится важная роль в обеспечении живучести самолета [1–3].

Технически сложной задачей является обеспечение защиты от всех видов коррозии без восстановления защитных покрытий на участках, недоступных для проведения ремонтных работ в течение всего срока эксплуатации самолета. К таким агрегатам относятся топливные кессон-баки, внутренние поверхности которых не подлежат ремонту в течение всего срока эксплуатации самолета. Поэтому обеспечение надежной защиты внутренней поверхности кессон-баков является актуальной задачей современного материаловедения [4–6].

В последнее время для снижения массы в современных летательных аппаратах широко применяют конструкции из полимерных композиционных материалов (ПКМ), в частности – для изготовления топливных кессон-баков [7–9].

Наиболее важным требованием к покрытию для защиты внутренней поверхности топливных баков является его устойчивость к агрессивным средам, в том числе устойчивость к действию топлива и воды.

Известно, что топливо на 96–99% состоит из углеводородов, которые не вызывают коррозии металлов, однако в топливе всегда могут содержаться и образовываться агрессивные неуглеводородные примеси, такие как эмульсионная вода и минеральные загрязнения, микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, низкомолекулярные, растворимые в воде продукты окисления и распада. В процессе эксплуатации самолета при резком изменении температуры образуется конденсат за счет проникновения влажного воздуха. Водорастворимые примеси приводят к образованию агрессивной среды, которая способна вызывать коррозию при длительной эксплуатации. Поэтому внутреннюю поверхность кессон-бака необходимо защищать от воздействия агрессивных сред полимерными покрытиями [10, 11].

При взаимодействии полимера с агрессивной средой, в частности с топливом, протекает ряд физических и химических процессов, из которых наиболее важными являются адсорбция компонентов топлива на поверхности полимерного покрытия, диффузия топлива в объеме покрытия, реакция топлива с химически нестойкими связями полимерного покрытия, десорбция продуктов деструкции с поверхности полимерного покрытия. Процесс переноса низкомолекулярных физически агрессивных жидкостей, к

которым относится топливо, протекает в полимере за счет активированной диффузии, а также путем образования микропор и микроканалов, возникающих при формировании покрытий [12–14].

Для создания перспективной авиационной техники существует необходимость в разработке и применении новых защитных покрытий, которые позволят обеспечить работоспособность топливных кессон-баков в заданных условиях эксплуатации.

Анализ научно-технической литературы и охранных документов показал, что основные направления разработок при создании топливостойких покрытий в каждой стране, начиная с России, связаны с повышением эксплуатационных свойств покрытий (адгезионных, физико-механических характеристик, топливо- и водостойкости), а также снижением токсичности и повышением технологичности разрабатываемых покрытий. Выяснилось, что при разработке защитных грунтовочных покрытий существенными являются как выбор связующего, состоящего, как правило, из полимерной матрицы, модификатора и отвердителя, так и наполнителей, которые влияют на эксплуатационные и технологические свойства грунтовочного покрытия [6].

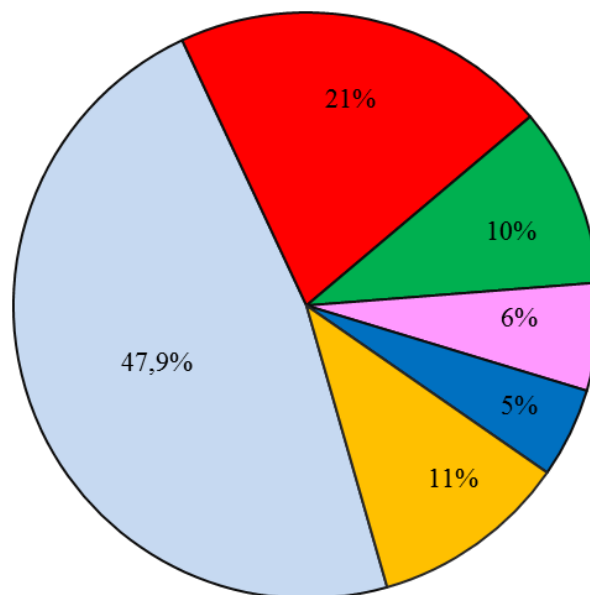
Разработка защитных грунтовочных покрытий по применению ведется по двум направлениям:

- антикоррозионные бесхроматные грунтовки для защиты от всех видов коррозии различных металлов, обеспечивающие необходимый ресурс работы изделия;
- грунтовочные покрытия для защиты деталей или агрегатов, изготовленных из ПКМ. Основная задача таких покрытий – защита материалов от воздействия влаги, топлива, грибов и других агрессивных сред, которые, воздействуя на материал, способны снизить конструкционную прочность композиционного материала.

Как показал проведенный анализ отобранных охранных документов, наибольшую изобретательскую активность в исследуемой области проявляют исследователи США. На втором месте – российские ученые (см. рисунок).

В России в ВИАМ работы по созданию антикоррозионных грунтовок для изделий авиационной техники начали проводиться с 50-х годов прошлого века. Был разработан ряд грунтовочных составов на основе эпоксидных олигомеров, обладающих высокими адгезионными, физико-механическими и защитными свойствами. Такие работы продолжают и в настоящее время. Созданы и внедрены высокоэффективные грунтовки, в том числе топливостойкие, на основе модифицированных эпоксидных олигомеров для защиты внешней поверхности планера, внутренней поверхности топливных баков са-

молетов, которые успешно эксплуатируются и обеспечивают защиту от коррозии в сложных условиях эксплуатации при колебаниях температуры от -60 до +80°C [15–25].



Количество запатентованных изобретений на топливостойкие покрытия в ведущих странах мира: США (■), Российская Федерация (■), Евросоюз (■), Япония (■), Китай (■), остальные страны (■)

Среди ведущих стран мира наблюдается тенденция снижения токсичности применяемых лакокрасочных материалов за счет замены токсичных хроматов на нетоксичные ингибиторы коррозии, применения вододисперсионных связующих, не содержащих летучих растворителей [26, 27].

Среди американских разработок следует отметить работы, проводимые фирмой United Technologies Corp., которые направлены на создание нетоксичных материалов. Интересными разработками являются водоразбавляемые адгезионные грунтовки, не содержащие летучих веществ и токсичных хроматов (Cr^{+6}). В качестве ингибиторов коррозии применены соли металлов 3 группы. Покрытия обладают высокой адгезией к различным металлам, могут применяться при получении металлополимерных композиций, в клеевых конструкциях (например, в сотовых) в авиакосмической и транспортной промышленности, а также в качестве самостоятельных покрытий в системе с различными эмалями.

При создании бесхроматных водоразбавляемых эпоксидных грунтовок в качестве ингибиторов коррозии используются нетоксичные смеси солей металлов: молибдата церия с ванадатом висмута, фосфата церия с вольфрамом стронция, комбинирован-

ные пигменты на основе диоксида кремния и бентонитовой глины (вместо хроматов) в эластичных эпоксиуретановых грунтовках [28, 29].

Фирмой PPG Desoto Int. Inc. разработаны грунтовки с высокой адгезией, физико-механическими и защитными свойствами на основе водоразбавляемых эпоксидных связующих, содержащих тетрагексилтитанат, оксиды металлов. Одним из направлений новых разработок является не только снижение токсичности, но и повышение технологичности разрабатываемых грунтовок за счет исключения операций хроматных и фосфатных обработок подложки перед нанесением покрытий, а также за счет введения наночастиц оксидов металлов, в том числе химически модифицированных.

Среди американских фирм, которые занимаются разработкой нетоксичных водоразбавляемых лакокрасочных материалов, следует отметить фирмы Dexter Corp., AkzoNobel, Henkel Corp. и др. Разработанные бесхроматные вододисперсионные грунтовочные композиции содержат нетоксичные соли и оксиды металлов, органические ингибиторы на основе органических соединений цинка, а также мелкодисперсные металлические порошки (протекторные грунтовки).

Весьма перспективными являются работы, проводимые учеными в Университете г. Цинциннати, по созданию грунтовок «Superprimer», которые разработаны взамен хроматных для антикоррозионной защиты аэрокосмических сплавов. Результаты работ опубликованы в «Revue/Journal Title A.C.S. symposium series». Грунтовки «Superprimer» разработаны на основе водорастворимых или водоземulsionных полимеров (акрилатных или эпоксидных), которые содержат смесь органосиланов, например, бис-триэтоксисилилпропил. Грунтовка «Superprimer» новой модификации содержит наночастицы, выщелачиваемый ингибитор, который дает возможность покрытию «залечиваться от царапин и повреждений». Система грунтовки «Superprimer» полностью заменяет все предварительные хроматные обработки, обеспечивая высокий уровень эксплуатационных свойств.

Известная в США фирма 3M Innovative Properties с 1999 г. занимается разработкой и исследованием керамерных композиций на основе неорганических/органических гибридных полисилоксановых связующих, нанофазных кремний-металл оксокластеров. Керамерные композиции могут содержать мелкодисперсные частицы керамики, оксида кремния, а также органические полимеры. Керамерные композиции применяются для защиты полимерных материалов, улучшая адгезионные, функциональные и оптические свойства покрытий, а также могут совмещаться с антистатическими агентами. Такие покрытия имеют высокие прочность, модуль упругости и удлинение при разрыве. С

целью улучшения эксплуатационных характеристик керамерные композиции модифицируют фторсиланами.

Керамерные покрытия могут обладать заданными электропроводящими свойствами при включении в состав покрытия полиэфирэфиркетона.

Среди европейских разработчиков грунтовочных композиций следует отметить фирмы 3M Innovative Properties, AkzoNobel, которые занимаются разработкой и производством водоразбавляемых грунтовочных составов на основе модифицированных эпоксидных композиций. Покрытия применяются для защиты изделий из полимерных материалов.

В Японии фирмой Mitsui Chemicals Inc. разработаны бесхроматные коррозионно-стойкие грунтовки на основе эпоксидных связующих, модифицированных полисульфидом, отверждаемые при комнатной температуре, которые обладают высокой топливо- и водостойкостью, устойчивостью к действию растворителей.

В Китае фирмой Marine Res Inst. Of Chemical In. также ведутся работы по созданию топливостойких полимерных покрытий для внутренней поверхности крупногабаритных контейнеров. Эпоксидная композиция не содержит растворителей и токсичных компонентов, модифицирована полисульфидом, отверждается ароматическим аминным отвердителем.

Среди рассмотренных охранных документов основное внимание уделяется защите металлических конструкций от коррозии и недостаточное – защите изделий из ПКМ. Большой интерес представляют разработки грунтовочных клеевых подслоев, выполняющих роль защитных покрытий, и адгезионных – повышающих прочностные характеристики клеевых конструкций при изготовлении металлополимерных композитов или сотовых конструкций. Американские фирмы Atofina Chem. Inc., а также Cape Cod Research разработали вододисперсионные эпоксидные грунтовочные составы, обладающие высокой термостойкостью, которые повышают прочность соединений при склейке металла с ПКМ.

Следует отметить, что ведущими фирмами особое внимание уделяется повышению технологичности процесса при нанесении и формировании покрытий в условиях производства.

В журнале «Progress in organic coatings» за 2003 г. предлагается новая технология ISPC («in situ»). Сущность новой технологии состоит в том, что за одну стадию осуществляется бесхроматная обработка и грунтование поверхности. Такая технология позволяет сократить технологический цикл за счет исключения применения токсичной

хроматной обработки поверхности, промывки и утилизации вредных веществ. В Университете штата Северный Иллинойс разработан способ формирования самофосфатирующей («in situ») грунтовки, способной образовать плотную пленку, расширить технологический диапазон отверждения покрытия.

В Канаде разработана бесхроматная грунтовка-промывка, которая замедляет развитие коррозии, а также способ ее нанесения на металлические поверхности. Такая технология совмещения сокращает технологический цикл [30].

Одним из способов повышения качества и сокращения технологического цикла формирования пленки покрытий является применение ультрафиолетового излучения при сушке покрытий.

Фирма Du Pont широко использует технологию нанесения покрытий, в том числе грунтовочных «сырой по сырому», с последующим отверждением всех слоев с применением УФ-излучения. Такая технология существенно сокращает технологический цикл окраски изделий [31].

При анализе научно-технической литературы и охранных документов выявились следующие тенденции развития в области создания топливостойких грунтовочных покрытий (см. таблицу).

Тенденции развития в области топливостойких лакокрасочных покрытий для защиты топливных кессон-баков летательных аппаратов

Выявленные тенденции развития объекта исследования	Фирмы-разработчики покрытий	Технические решения, реализующие тенденции
Повышение топливо- и водостойкости	Университет г. Цинциннати, Tianjin Zhendong Paints Co. Ltd., AkzoNobel	Благодаря применению специальных модификаторов, наномодификаторов, полифункциональных модификаторов, а также микроармирующих наполнителей
Повышение адгезии	Dexter Cjrp, Dow Global Technologies Inc.	Путем введения промоторов адгезии
Снижение токсичности	Shepherd Color Company, United Technoliges Corp., Gordon H/Bierwagen, Dexter Corp.	Путем замены токсичных ингибиторов коррозии (хроматов) на нетоксичные (смеси гидрооксидов и оксидов металлов (в том числе химически модифицированных), органических ингибиторов коррозии, мелкодисперсных металлических порошков)
	Atofina Chem. Ing., BASF Coatings AG	За счет уменьшения содержания растворителей в составе грунтовки
	HENKEL Corp.	Путем применения водоразбавляемых и вододиспергируемых составов

Проведенный анализ позволил выявить уровень свойств бесхроматных топливостойких грунтовочных покрытий, который определяется как свойствами полимерной матрицы, так и химической природой и структурой вводимых в полимерную матрицу наполнителей.

Основными принципами создания бесхроматных топливостойких грунтовочных покрытий являются:

– выбор оптимального состава полимерной матрицы, применение модификаторов и отвердителей, способных улучшить свойства основного полимера (повысить эластичность, снизить внутренние напряжения в пленке покрытия при ее формировании, повысить водостойкость, топливостойкость, а также адгезию к защищаемой поверхности);

– использование микроармирующих наполнителей, способствующих формированию более регулярной структуры и, соответственно, достижению более высоких эксплуатационных характеристик покрытий.

В качестве полимерной матрицы наиболее часто используются эпоксидные олигомеры, однако возможно использование других типов связующих, например полиэфиров или метакриловых сополимеров и др.

В качестве модификаторов часто используются низкомолекулярные эластомеры, но также иногда используются лапроксиды (для эпоксидных связующих).

В качестве отвердителей для эпоксидных олигомеров чаще всего используются отвердители аминного типа, в том числе алкоксисиланы и алифатические полиамины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №8. С. 7–17.
2. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М. Машиностроение. 1978. 295 с.
3. Гольдберг М.М., А.В. Корюкин, Э.К. Кондрашов. Покрытия для полимерных материалов. М. Химия. 1980. 287 с.
4. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Л. Химия. 1981. 252 с.
5. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А., Малова Н.Е. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.

6. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 315–327.
- 7 Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России //Металлы Евразии. 2012. №3. С. 10–15.
8. Каблов Е.Н., Кондрашов С.В., Юрков Г.Ю. Перспективы использования углеродсодержащих наночастиц в связующих для полимерных композиционных материалов //Российские нанотехнологии. 2013. Т. 8. №3–4. С. 28–46.
9. Чурсова Л.В., Ким М.А., Панина Н.Н., Швецов Е.П. Наномодифицированное эпоксидное связующее для строительной индустрии //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 40–47.
10. Чертков Я.В., Спиркин В.Г. Применение реактивных топлив в авиации. М.: Транспорт. 1974. 160 с.
11. Розенфельд И.Л., Рубинштейн Ф.И. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия. М.: Химия. 1980. 196 с.
12. Воробьев Г.Я. Химическая стойкость полимерных материалов. М.: Химия. 1981. 296 с.
13. Зуев Ю.С. Разрушение полимера под действием агрессивных сред. 2-е изд. М.: Химия. 1972. 232 с.
14. Моисеев Ю.В., Зайков Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах. М.: Химия. 1979. 288 с.
15. Соснина С.А., Кулешова И.Д. Регулирование взаимодействия компонентов в наполненных лакокрасочных композициях //Лакокрасочные материалы и их применение. 2011. №1. С. 60–62.
16. Кузнецова В.А., Деев И.С., Кондрашов Э.К., Кузнецов Г.В. Влияние отвердителей на микроструктуру и свойства модифицированного эпоксидного связующего для топливостойкого покрытия //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №11. С. 38–41.
17. Кузнецова В.А., Кондрашов Э.К., Семенова Л.В., Кузнецов Г.В. О влиянии формы частиц оксида цинка на эксплуатационные свойства полимерных покрытий //Материаловедение. 2012. №12. С. 12–14.
18. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А. Основные направления повышения эксплуатационных свойств, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.

19. Семенова Л.В., Родина Н.Д., Нефедов Н.И. Влияние шероховатости систем лакокрасочных покрытий на эксплуатационные свойства самолетов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 37–40.
20. Календова А., Календова П. Исследование антикоррозионных пигментов на основе модифицированных фосфатов //Лакокрасочные материалы и их применение. 2004. №4. С. 11–14.
21. Гусева Р.И. Использование лакокрасочных систем при покраске деталей из полимерных композиционных материалов //Ученые записки. 2010. №111-1 (3). С. 101–107.
22. Фабуляк Ф.Г. Молекулярная подвижность полимеров в поверхностных слоях. Киев: Наукова думка. 1983. 144 с.
23. Кузнецова В.А., Деев И.А., Кузнецов Г.В., Кондрашов Э.К. Влияние наполнителя на усталостную прочность и микроструктуру свободных полимерных пленок при циклическом растяжении //Заводская лаборатория. 2014. Т. 80. №5. С. 35–39.
24. Кондрашов Э.К., Козлова А.А., Малова Н.Е. Исследование кинетики отверждения фторполиуретановых эмалей алифатическими полиизоцианатами различных типов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 48–49.
25. 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.
26. Langer E., Kuczynska H., Kaminska-Tarnawska E., Lukashuk J. Self-stratifying coatings containing barrier and active anticorrosive pigments //Progress in Organic Coatings. 2011. V. 71. №2. P. 162–166.
27. Fang Wang, Junjun Liu, Yuefei Li, Ruibin Fan, Yanni Li. Complex Barrier Layer of Triazinedithoil Prepared by Electrodeposition and Initiated Polymerization on aluminum Alloy towards Corrosion Protection //International Journal of Elektrochemical Science. 2012. №7. P. 3672–3680.
28. Zheludkevich M.L., Tedim J., Ferreira M.G.S. «Smart» coating for active corrosion protection based on multifunctional micro and nanocontainers //Electrochimica Acta. 2012. V. 82. P. 314–323.
29. Carneiro J., Tedim J., Fernandes S.C.M., Freire S.C.R., Silvestre A.J.D., Gandini A., Ferreira M.G.S., Zheludkevich M.L. Chitosan-based self-healing protective coatings doped with cerium nitrate for corrosion protection of aluminum alloy 2024 //Progress in Organic Coatings. 2012. V. 75. №1–2. P. 8–13.

30. Chromate free waterborne epoxy corrosion resistant primer: pat. 50773312 US; pabl. 2002.
31. Method of forming a multi-layer coating on automobile bodies without a primer bake: pat. 2007190312 US; pabl. 2007.

REFERENCES LIST

1. 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.
2. Chebotarevskij V.V., Kondrashov Je.K. Tehnologija lakokrasochnyh pokrytij v mashinostroenii [Coatings technology in mechanical engineering]. M. Mashinostroenie. 1978. 295 s.
3. Gol'dberg M.M., A.V. Korjukin, Je.K. Kondrashov. Pokrytija dlja polimernyh materialov [Coatings for polymeric materials]. M. Himija. 1980. 287 s.
4. Jakovlev A.D. Himija i tehnologija lakokrasochnyh pokrytij [Chemistry and technology of coatings]. L. Himija. 1981. 252 s.
5. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A., Malova N.E. Razvitie aviacionnyh lakokrasochnyh materialov [Development of aircraft paints and varnishes] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2012. №5. S. 49–54.
6. Semenova L.V., Malova N.E., Kuznecova V.A., Pozhoga A.A. Lakokrasochnye materialy i pokrytija [Coating materials and coating] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 315–327.
- 7 Kablov E.N. Sovremennye materialy – osnova innovacionnoj modernizacii Rossii [Modern materials – the basis of innovative modernization of Russia] //Metally Evrazii. 2012. №3. S. 10–15.
8. Kablov E.N., Kondrashov S.V., Jurkov G.Ju. Perspektivy ispol'zovanija uglerodsoderzhashhij nanochastic v svjazujushhij dlja polimernyh kompozicionnyh materialov [Prospects for the use of carbonaceous nanoparticles in polymeric binders for composite materials] //Rossijskie nanotehnologii. 2013. T. 8. №3–4. S. 28–46.
9. Chursova L.V., Kim M.A., Panina N.N., Shvecov E.P. Nanomodificirovanoe jepoksidnoe svjazujushhee dlja stroitel'noj industrii [Aircraft Materials and Technologies] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 40–47.

10. Chertkov Ja.V., Spirkin V.G. Primenenie reaktivnyh topliv v aviacii [Application of jet fuels in aviation]. M.: Transport. 1974. 160 s.
11. Rozenfel'd I.L., Rubinshtejn F.I. Antikorrozionnye gruntovki i ingibirovannye lakokrasochnye pokrytija [Anti-rust primer and inhibited coatings]. M.: Himija. 1980. 196 s.
12. Vorob'ev G.Ja. Himicheskaja stojkost' polimernyh materialov [Chemical resistance of polymeric materials]. M.: Himija. 1981. 296 s.
13. Zuev Ju.S. Razrushenie polimera pod dejstviem agressivnyh sred [Degradation of the polymer under the influence of aggressive media]. 2-e izd. M.: Himija. 1972. 232 s.
14. Moiseev Ju.V., Zajkov G.E. Himicheskaja stojkost' polimerov v agressivnyh sredah [Chemical resistance of polymers in aggressive environments]. M.: Himija. 1979. 288 s.
15. Sosnina S.A., Kuleshova I.D. Regulirovanie vzaimodejstvija komponentov v napolnennyh lakokrasochnyh kompozicijah [Regulation of interaction of the components in the paint-filled compositions] //Lakokrasochnye materialy i ih primenenie. 2011. №1. S. 60–62.
16. Kuznecova V.A., Deev I.S., Kondrashov Je.K., Kuznecov G.V. Vlijanie otverditelej na mikrostrukturu i svojstva modificirovannogo jepoksidnogo svjazujushhego dlja toplivostojkogo pokrytija [Effect of curing agents for the microstructure and properties of the modified epoxy coating binder fuel resistant cover] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2012. №11. S. 38–41.
17. Kuznecova V.A., Kondrashov Je.K., Semenova L.V., Kuznecov G.V. O vlijanii formy chastic oksida cinka na jekspluacionnye svojstva polimernyh pokrytij [On the influence of the form of zinc oxide particles on the performance of the polymer coatings] //Materialovedenie. 2012. №12. S. 12–14.
18. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A. Osnovnye napravlenija povyshenija jekspluacionnyh svojstv, tehnologicheskikh i jekologicheskikh harakteristik lakokrasochnyh pokrytij dlja aviacionnoj tehniky [The main directions of improving the performance properties, technological and environmental performance coatings for aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 96–102.
19. Semenova L.V., Rodina N.D., Nefedov N.I. Vlijanie sherohovatosti sistem lakokrasochnyh pokrytij na jekspluacionnye svojstva samoletov [The effect of roughness of coatings systems for performance of the aircraft] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 37–40.

20. Kalendova A., Kalendova P. Issledovanie antikorrozionnyh pigmentov na osnove modifirovannyh fosfatov [Investigation of anticorrosive pigments based on modified phosphate] //Lakokrasochnye materialy i ih primenenie. 2004. №4. S. 11–14.
21. Guseva R.I. Ispol'zovanie lakokrasochnykh sistem pri pokraske detalej iz polimernykh kompozicionnykh materialov [The use of paint systems for painting parts of polymeric composite materials] //Uchenye zapiski. 2010. №111-1 (3). S. 101–107.
22. Fabuljak F.G. Molekuljarnaja podvizhnost' polimerov v poverhnostnykh slozhah [The molecular mobility in the polymer surface layers]. Kiev: Naukova dumka. 1983. 144 s.
23. Kuznecova V.A., Deev I.A., Kuznecov G.V., Kondrashov Je.K. Vlijanie napolnitelja na ustalostnuju prochnost' i mikrostrukturu svobodnykh polimernykh plenok pri ciklicheskom rastjazhenii [Effect of filler on the fatigue strength and microstructure of the polymer films available under cyclic tension] //Zavodskaja laboratorija. 2014. T. 80. №5. S. 35–39.
24. Kondrashov Je.K., Kozlova A.A., Malova N.E. Issledovanie kinetiki otverzhdjenja ftorpoli-uretanovykh jemalej alifaticeskimi poliizocianatami razlichnykh tipov [Study of curing kinetics ftorpoliuretanovykh enamels aliphatic polyisocyanates different types] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 48–49.
25. Muhametov R.R., Ahmadieva K.R., Chursova L.V., Kogan D.I. Novye polimernye svjazujushhie dlja perspektivnykh metodov izgotovlenija konstrukcionnykh voloknistykh PKM [New polymeric binders for the promising methods for the manufacture of structural fibrous PCM] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2011. №2. S. 38–42.
26. Langer E., Kuczynska H., Kaminska-Tarnawska E., Lukashuk J. Self-stratifying coatings containing barrier and active anticorrosive pigments //Progress in Organic Coatings. 2011. V. 71. №2. P. 162–166.
27. Fang Wang, Junjun Liu, Yuefei Li, Ruibin Fan, Yanni Li. Complex Barrier Layer of Triazinedithoil Prepared by Electrodeposition and Initiated Polymerization on aluminum Alloy towards Corrosion Protection //International Journal of Elektrochemical Science. 2012. №7. P. 3672–3680.
28. Zheludkevich M.L., Tedim J., Ferreira M.G.S. «Smart» coating for active corrosion protection based on multifunctional micro and nanocontainers //Electrochimica Acta. 2012. V. 82. P. 314–323.
29. Carneiro J., Tedim J., Fernandes S.C.M., Freire S.C.R., Silvestre A.J.D., Gandini A., Ferreira M.G.S., Zheludkevich M.L. Chitosan-based self-healing protective coatings

doped with cerium nitrate for corrosion protection of aluminum alloy 2024 //Progress in Organic Coatings. 2012. V. 75. №1–2. P. 8–13.

30. Chromate free waterborne epoxy corrosion resistant primer: pat. 50773312 US; pabl. 2002.

31. Method of forming a multi-layer coating on automobile bodies without a primer bake: pat. 2007190312 US; pabl. 2007.