

УДК 629.7.023.222

В.Г. Железняк<sup>1</sup>

## СОВРЕМЕННЫЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-5-62-67

*Обеспечение надежной защиты изделий авиационной техники от внешних воздействующих факторов зависит от выбора лакокрасочных материалов и покрытий на их основе, которые обеспечивают высокую адгезию, физико-механические, защитные и декоративные свойства. Представлены основные направления работы лаборатории «Лакокрасочные материалы и покрытия» ФГУП «ВИАМ», а также свойства лакокрасочных материалов и покрытий на их основе. Представлены ключевые тенденции развития лакокрасочных материалов авиационного назначения и покрытий на их основе.*

**Ключевые слова:** авиационная техника, лакокрасочные материалы, лакокрасочные покрытия, внешние воздействующие факторы, условия эксплуатации.

V.G. Zheleznyak<sup>1</sup>

## MODERN PAINT AND VARNISH MATERIALS FOR USE IN AVIATION EQUIPMENT PRODUCTS

*Ensuring reliable protection of aviation equipment products from external influencing factors depends on the choice of paintwork and varnish materials and coatings based on them, which provide high adhesion, physicomachanical, protective and decorative properties. The main directions of work of the laboratory «Paintwork materials and coatings» of FSUE «VIAM», as well as the properties of paintwork and varnish materials and coatings based on them are presented. The key trends in the development of aviation paint and varnish materials and coatings based on them are presented.*

**Keywords:** aviation equipment, paint and varnish materials, paintwork coatings, external influencing factors, operating conditions.

---

<sup>1</sup>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

### Введение

Одна из важнейших проблем в области обеспечения ресурса и надежности эксплуатации изделий авиационной техники – создание лакокрасочных материалов и разработка систем покрытий на их основе, обладающих комплексом защитно-декоративных свойств. Кроме того, лакокрасочные покрытия (ЛКП) выполняют ряд других сложных функций, о которых будет сказано далее. Следует отметить, что в изделиях гражданской авиационной техники с началом нового тысячелетия все большее применение находят полимерные композиционные материалы (ПКМ), а также новые металлические сплавы, требующие новых подходов и систем защиты от коррозии.

Во ФГУП «ВИАМ» разработан сборник «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» [1, 2], в котором на основании мировых и собственных достижений определены тенденции развития лакокрасочных материалов и защитных покрытий. Стратегией предусмотрена разработка составов и технологий изготовления полимерных ЛКП для защиты от коррозии

и воздействия окружающей среды металлических и полимерных композиционных материалов, в том числе соединений «металл–углепластик».

Основной задачей при разработке лакокрасочных материалов является защита деталей и узлов конструкций авиационной техники от разрушающего воздействия окружающей среды. Поверхность деталей из металлических сплавов и ПКМ подвергается сложному воздействию многих факторов. Среди них: широкий диапазон температурных перепадов воздушной атмосферы, интенсивная солнечная радиация, повышенная доля ультрафиолета, эрозионный износ, неизбежное воздействие при эксплуатации горюче-смазочных веществ и других агрессивных жидкостей. Кроме того, ЛКП несет декоративные функции, а для изделий военного назначения – функции защиты от специальных факторов и снижения заметности в различных диапазонах длин волн. В настоящее время на изделиях авиационной техники применяются десятки и даже сотни различных функциональных лакокрасочных материалов на полимерной основе с диапазонами рабочих температур от  $-60$  до  $+600^{\circ}\text{C}$  [3–6].

Во ФГУП «ВИАМ» ведутся разработки в области защитных лакокрасочных материалов и систем покрытий на их основе для изделий авиационной и специальной техники с момента основания института на протяжении практически девяноста лет. Лаборатория «Лакокрасочные материалы и покрытия» стала одной из первых, созданных во ФГУП «ВИАМ». За годы работы такими выдающимися специалистами, как В.В. Чеботаревский, И.И. Денкер, А.А. Лебедев, М.Я. Шаров, Э.К. Кондрашов, В.А. Кузнецова, В.А. Молотова, М.Г. Офицерова, Н.С. Кожеурова, П.И. Вассерман, Н.Е. Малова, В.Н. Владимирский, Л.В. Семенова, Д.С. Лялюшко и многими другими, разработаны, паспортизованы и внедрены в производство несколько сотен лакокрасочных материалов для защиты изделий авиационной техники, ракетно-космической и специальной техники. Получено более 200 авторских свидетельств и патентов, а разработанные материалы применяются во многих сферах промышленного машиностроения [7].

Использование созданного научно-технического задела по разработке лакокрасочных материалов позволяет сотрудникам ФГУП «ВИАМ» решать задачи, связанные с импортозамещением материалов зарубежного производства, созданию новых поколений ЛКП с применением «зеленых» технологий. Работа лаборатории «Лакокрасочные материалы и покрытия» делится на несколько основных направлений.

1. Разработка лакокрасочных материалов и атмосферостойких покрытий на их основе для защитно-декоративной окраски перспективных изделий авиационной техники на основе фторсодержащих сополимеров. За последние годы создана линейка таких материалов с диапазоном рабочих температур от  $-60$  до  $+175^{\circ}\text{C}$ . Данные материалы обладают высокой адгезией к поверхностям из алюминиевых сплавов и ПКМ, высокой твердостью и стойкостью к рабочим жидкостям и действию УФ-излучения, выдержали натурные испытания, в том числе в условиях влажных тропиков и пустыни, и рекомендованы для применения на авиационных изделиях всеклиматического исполнения. Разработанные лакокрасочные материалы и покрытия на их основе превосходят импортные аналоги производства фирм AkzoNobel и PPG по атмосферостойкости, грибостойкости и прочностным характеристикам [8]. Лаборатория занимается развитием данного направления, в частности сотрудниками синтезируются новые фторсодержащие пленкообразующие, противокоррозионные пигменты, разрабатываются составы с улучшенной эрозионной стойкостью, грязеотталкивающими свойствами и др.

2. С целью снижения токсичности лакокрасочных материалов и соблюдения требований экологической безопасности все больше внимания уделяется разработке и применению материалов, не содержащих токсичных пигментов, в том числе хроматов. Во ФГУП «ВИАМ» разработаны бесхроматные грунтовки ВГ-37, ВГ-40 и ВГ-41. Грунтовка ВГ-40 рекомендуется в качестве самостоятельного двухслойного покрытия для защиты внутренней поверхности кессон-баков взамен грунтовки ЭП-0215, отличается

повышенной стойкостью к топливу и высокой адгезией. Грунтовки ВГ-37 и ВГ-41 успешно прошли общую квалификацию (паспортизацию) и рекомендованы для защиты алюминиевых сплавов и ПКМ в системах с эпоксидными, акриловыми, полиуретановыми и фторполиуретановыми эмалями, обеспечивают защиту от коррозии, старения и биоповреждения изделий авиационной техники во всеклиматическом исполнении [9, 10].

3. Для защиты от коррозии крепежных соединений (титановых, алюминиевых, стальных), в том числе в воздушных отсеках и топливных кессон-баках, контактных пар комбинированных конструкций, например композиционных материалов на основе углепластика и металлической подложки, разработаны эластичный полимерный антикоррозионный состав ВЗП-1 и паста ВП-1. Состав ВЗП-1 отличается пониженным содержанием токсичных хроматных соединений и при совместном применении с грунтовками ВГ-40 или ВГ-37 обеспечивает надежную эксплуатацию авиационной техники, в том числе в экстремальных условиях климата Латинской Америки и Кубы [11, 12].

4. Для обеспечения эксплуатации изделий в особых условиях во ФГУП «ВИАМ» разрабатываются и производятся лакокрасочные материалы, стойкие к различным эксплуатационным воздействиям, – износостойкие и радиопрозрачные покрытия, покрытия для лопаток вентилятора и вертолетных лопастей. Во ФГУП «ВИАМ» разработаны лакокрасочные материалы и внедрены на изделия авиационной техники износостойкие радиопрозрачные покрытия на основе эмалей КЧ-5230, ФП-566 и ВЭ-71. Для устранения поверхностных дефектов и защиты конструкций из ПКМ радиотехнического назначения от эрозионного воздействия, влаги и внешних воздействующих факторов окружающей среды разработаны эрозионностойкие радиопрозрачные шпатлевки марок ВШ-20, ВШ-22 и ЭП-0065. Для защиты лопастей вертолетной техники и турбовинтовых двигателей из ПКМ разработаны и производятся атмосферостойкие полиуретановые эмали ВЭ-62 и ВЭ-62М, работоспособные в диапазоне температур от -60 до +120°C. Покрытия на основе данных эмалей обеспечивают защиту лопастей в условиях повышенной запыленности. Использование эмалей ВЭ-62 и ВЭ-62М рекомендовано в системе с электропроводящей грунтовкой ЭП-0181 для снижения электризуемости в условиях эксплуатации. Производство грунтовки ЭП-0181 возобновлено во ФГУП «ВИАМ» в 2018 году. Данный материал работоспособен в диапазоне температур от -60 до +250°C, выпускается с улучшенными технологическими характеристиками [13–16].

5. Во ФГУП «ВИАМ» разработаны системы лакокрасочных материалов и покрытий на основе термостойких кремнийорганических лакокрасочных материалов для защиты поверхностей из металлических сплавов и ПКМ – эмали КО-5189, КО-856, КО-818, КО-811, КО-819, а также кремнийорганические шпатлевки КО-0070 и КО-0067. Данные материалы выпускаются по ТУ с использованием исключительно отечественного сырья. Системы ЛКП с применением кремнийорганических лакокрасочных материалов производства ФГУП «ВИАМ» обладают рабочей температурой от -60 до +600°C, высокой влагостойкостью, требуемой радиопрозрачностью и повышенной адгезией к покрываемым поверхностям. На базе данных лакокрасочных материалов разработаны системы покрытий для спасательных средств для применения в Арктике, стойкие к воздействию открытого пламени в течение 10–20 мин [17].

6. Во ФГУП «ВИАМ» разработаны и внедрены в серийные изделия авиационной и специальной техники высокоэффективные фторопластовые лакокрасочные материалы (ВЭ-46, ФП-566, ФП-5105, ФП-5182 и др.) и покрытия на их основе. Фторопластовые покрытия обладают повышенной влагостойкостью, температурой эксплуатации – до +200°C. На базе данных лакокрасочных материалов во ФГУП «ВИАМ» ведутся разработки супергидрофобных покрытий.

7. Как отмечалось ранее, во ФГУП «ВИАМ» разработаны и прошли общую квалификацию камуфлирующие ЛКП на основе фторопластовых и фторполиуретановых

эмалей. Данные материалы выдержали натурные испытания, в том числе в условиях влажных тропиков и пустыни, приморской зоны умеренного климата, а также натурные испытания в арктических и субарктических условиях. При изготовлении данных материалов применяются пигменты, разработанные во ФГУП «ВИАМ», придающие ЛКП камуфлирующие свойства в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн. Во ФГУП «ВИАМ» ведутся также разработки камуфлирующих пигментов и покрытий с высоким коэффициентом отражения в УФ-спектре для окраски изделий и сооружений, эксплуатирующихся в Арктике.

8. В новом тысячелетии наметилась тенденция к росту потребления экологически безопасных лакокрасочных материалов. Экологичность данных материалов достигается вследствие высокого содержания сухого остатка, т. е. снижения легколетучих органических соединений в их составе, а также за счет более широкого применения водоразбавляемых лакокрасочных материалов (ВЛКМ). Традиционно экологически безопасные ВЛКМ в основном применяются в строительстве и быту, но с развитием мирового химического комплекса, синтезом новых соединений и модификаторов, а также пленкообразующих на их основе, эксплуатационные свойства ЛКП на основе данных материалов стали приближаться к свойствам покрытий на основе органоразбавляемых лакокрасочных материалов. В последнее время ВЛКМ находят все большее применение в качестве индустриальных материалов, а также используются в машино- и автомобилестроении. Развитие ВЛКМ не обошло стороной и авиацию, где к технологическим и эксплуатационным свойствам ЛКП традиционно предъявляются самые жесткие требования. Такие материалы находят все большее применение в качестве интерьерных покрытий при производстве авиационной техники. В настоящее время рынок авиационных ВЛКМ для внутренней отделки авиационной техники практически на 100% представлен материалами фирм AkzoNobel (Голландия), Mankiewicz (Германия) и Мараго (Франция). Данные материалы также применяются в отечественном авиапромышленном комплексе наряду с органоразбавляемыми лакокрасочными материалами.

К применяемым при отделке внутреннего набора изделий авиационной техники материалам предъявляется ряд специфических требований, которые распространяются и на лакокрасочные материалы. В первую очередь к ним предъявляются повышенные требования по следующим показателям: защита металла от коррозии, стойкость к воздействию влаги и агрессивных жидкостей, защита материала подложки от механических воздействий. Во-вторых, применяемые лакокрасочные материалы должны соответствовать жестким требованиям по пожарной безопасности (АП-25) – не поддерживать горение, выдерживать воздействие открытого пламени в определенный промежуток времени, не выделять токсичные вещества как при нормальной эксплуатации, так и в процессе горения. В-третьих, лакокрасочные материалы для внутренней отделки салона авиационной техники и кабины пилотов должны нести декоративные функции, не терять цвет и не изменять блеск в течение нескольких лет, иметь низкое грязеудержание и водоотталкивающие свойства. Для кабины пилотов предъявляются особые требования к цветам ЛКП и их сочетаниям, призванным обеспечить высокий уровень зрительной работоспособности пилота при различном уровне освещенности. Это все эксплуатационные свойства, но не следует забывать и о чисто технологических, от которых зависит: насколько ровным и бездефектным получится готовое покрытие, сколько потребуется дорогостоящих лакокрасочных материалов, какова будет толщина и соответственно итоговая масса ЛКП, насколько вреден применяемый материал для человека и окружающей среды при применении.

В настоящее время лаборатория «Лакокрасочные материалы и покрытия» ФГУП «ВИАМ» полностью переоснащена современным оборудованием для производства лакокрасочных материалов, контроля качества покрытий на их основе, для испытаний на стойкость к воздействиям внешней среды, а также для наукоемких исследований. В арсенале лаборатории – оборудование для получения нанодисперсных лакокрасочных

материалов, исследования кислородопроницаемости и влагопроницаемости пленок, исследования дисперсий полуфабрикатов эмалей и определения влияния степени дисперсности на конечные свойства ЛКП. Оборудование для ускоренных климатических испытаний и типовых испытаний на соответствие ГОСТ и ASTM позволяет прогнозировать эксплуатационные свойства ЛКП в различных климатических зонах. Научный и производственный потенциал, партнерство с ведущими конструкторскими бюро и производителями специальных лакокрасочных материалов позволяют специалистам ФГУП «ВИАМ» ставить перед собой задачи по созданию высокоэффективных атмосферостойких, термо-, износо-, эрозионностойких полимерных лакокрасочных материалов, обеспечивающих повышение стойкости покрытий к внешним воздействующим факторам, защиту от коррозии и декоративной окраски изделий во всеклиматических условиях эксплуатации.

### Заключения

Основные тенденции развития лакокрасочных материалов и покрытий на их основе, используемых в авиастроении, включают экологическую привлекательность, эффективное функционирование и эстетичность. Перед разработчиками ЛКП во ФГУП «ВИАМ» в ближайшей перспективе стоят следующие задачи:

– разработка частично смываемых систем покрытий и экологически безопасных ВЛКМ на основе новых пленкообразующих полимеров для окраски металлов и ПКМ, обеспечивающих защитные свойства и стойкость покрытий к агрессивным средам (топливам и маслам), к циклическим перепадам температур, влажности и воздействию ультрафиолета;

– создание ультрагидрофобных покрытий для снижения лобового сопротивления воздушного судна и противообледенительных покрытий; расширение ассортимента лакокрасочных материалов и импортозамещение применяемых в настоящее время материалов зарубежных производителей – фирм PPG, AkzoNobel, Henkel, Sherwin-Williams, DuPont Mankiewicz, Mapeero и др.;

– разработка покрытий со специальными свойствами, в том числе с регулируемым временем высыхания, функцией самозалечивания, с низким содержанием летучих органических соединений;

– разработка УФ-отверждаемых и смарт-покрытий, снижающих лобовое сопротивление авиационной техники.

Разработка экологически безопасных ВЛКМ является одним из приоритетных направлений развития мировой лакокрасочной промышленности. В авиастроении данный вид материалов применяется ограниченно в виду того, что еще недавно ВЛКМ уступали по своим технологическим и эксплуатационным свойствам органоразбавляемым аналогам. В настоящее время это отставание преодолено – современные водоразбавляемые пленкообразующие и композиции на их основе позволяют получать ЛКП с высокими эксплуатационными характеристиками, удовлетворяющими потребности самолетостроения. Развитие ВЛКМ обусловлено не только экологическими причинами или законодательством по ограничению содержания летучих органических соединений, но также существенными экономическими причинами – снижение затрат на обеспечение техники безопасности при изготовлении лакокрасочных материалов и проведении окрасочных работ, на утилизацию отходов, компенсационные выплаты сотрудникам предприятий, изготавливающих или применяющих лакокрасочные материалы.

### 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. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.

2. Краев И.Д., Попков О.В., Шульдешов Е.М., Сорокин А.Е., Юрков Г.Ю. Перспективы использования кремнийорганических полимеров при создании современных материалов и покрытий различных назначений // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2017. №12 (60). Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 28.09.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-12-5-5.
3. Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // Интеллект и технологии. 2016. №2 (14). С. 16–21.
4. Лакокрасочные покрытия. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука, 2007. С. 326.
5. Каблов Е.Н., Семенова Л.В., Еськов А.А., Лебедева Т.А. Комплексные системы лакокрасочных покрытий для защиты металлических полимерных композиционных материалов, а также их контактных соединений от воздействия агрессивных факторов // Лакокрасочные материалы и их применение. 2016. №6. С. 34–37.
6. Каблов Е.Н. Материалы для авиакосмической техники // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2007. №5. С. 7–27.
7. 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.
8. Нефедов Н.И., Семенова Л.В., Кузнецова В.А., Веренинова Н.П. Лакокрасочные покрытия для защиты металлических и полимерных композиционных материалов от старения, коррозии и биоповреждения // Авиационные материалы и технологии. 2017. №S. С. 393–404. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-393-404.
9. Еськов А.А., Лебедева Т.А., Белова М.В. Лакокрасочные материалы с пониженным содержанием летучих веществ (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2015. №6. Ст. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 28.09.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-6-8-8.
10. Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Кондрашов Э.К., Лебедева Т.А. Лакокрасочные материалы с пониженным содержанием вредных и токсичных компонентов для окраски агрегатов и конструкций из ПКМ // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. №8. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 28.09.2018).
11. Кузнецова В.А., Железняк В.Г., Силаева А.А. Влияние механических характеристик грунтовоочных покрытий на устойчивость систем эрозионностойких дисперсно-армированных покрытий к циклическим механическим нагрузкам // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2018. №6 (66). Ст. 07. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-6-59-67.
12. Кузнецова В.А., Кузнецов Г.В. Тенденции развития в области топливостойких лакокрасочных покрытий для защиты топливных кессон-баков летательных аппаратов (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. №11. Ст. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-11-8-8.
13. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.
14. Кузнецова В.А., Деев И.С., Железняк В.Г., Силаева А.А. Износостойкое лакокрасочное покрытие с квазикристаллическим наполнителем // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2018. №3 (63). Ст. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-3-68-76.
15. Семенова Л.В., Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Нефедов Н.И. Электроизоляционные свойства полимерных покрытий // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. №8. Ст. 07. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-7-7.
16. Кузнецова В.А., Кузнецов Г.В., Шаповалов Г.Г. Исследование влияния молекулярной массы эпоксидной смолы на адгезионные, физико-механические свойства и эрозионную стойкость покрытий // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2014. №8. Ст. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-8-8.
17. Кондрашов Э.К. Термостойкие кремнийорганические шпатлевки // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2017. №10 (58). Ст. 07. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 04.10.2018). DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-10-7-7.