

УДК 667.64

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-s3-31-34

*Л.В. Семенова¹, Т.А. Новикова¹, Н.И. Нефедов¹***КЛИМАТИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ И СТАРЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ**

Лакокрасочные покрытия (ЛКП) на внешней поверхности самолетов в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных факторов (погодные условия, условия эксплуатации самолетов, включающие действия знакопеременных температур, коррозионных сред, рабочих составов и т. д.), которые в конечном итоге определяют срок службы ЛКП, т. е. сохранение их защитных и декоративных свойств.

Представлены результаты изучения свойств ЛКП различных типов после натурной экспозиции на климатических станциях в условиях промышленной зоны умеренного климата (г. Москва) и умеренно теплового климата (г. Геленджик) с целью дальнейшего сопоставления с данными ускоренных испытаний для прогнозирования срока службы ЛКП.

Ключевые слова: *лакокрасочные материалы, климатическая стойкость, старение лакокрасочного покрытия, срок службы покрытия.*

Paintwork coatings (PWC) on the outer surface of aircraft in operation are exposed to various factors influence (weather conditions, conditions of aircraft operation including effect of alternating temperatures, corrosion environments, technical liquids, etc.) which at the end determine the final service life of PWC, i. e. a preservation of their protective and decorative properties.

The results of the different types of PWC properties investigation after a full-scale exposure at climatic stations under conditions of the industrial zones of temperate climate (Moscow), warm-temperate climate (Gelendzhik) aimed at further comparison with the data of accelerated tests for predication of the PLC life time are hereby presented.

Keywords: *paintwork materials, climatic resistance, aging of the paintwork coating, coating service life.*

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

Лакокрасочные покрытия (ЛКП) на внешней поверхности самолетов в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных факторов: тепла, света, различных микроорганизмов, механических и химических воздействий, которые неизбежно приводят к их постепенному разрушению. Все изменения физических и химических свойств при эксплуатации объединяют общим термином – «старение». При старении происходят изменения структуры и химического состава покрытия. В процессе деструкции уменьшаются размеры макромолекул, выделяются низкомолекулярные продукты распада [1–5].

Деструкцию вызывают и усиливают как физические, так и химические факторы. Под действием физических факторов протекают следующие виды деструкции – термическая (под действием тепла), фотохимическая (под действием света), механическая (под действием различных механических нагрузок) [6, 7]. При воздействии химических факторов протекают окислительная (под действием кислорода воздуха), гидролитическая (под действием воды, кислот, щелочей) виды деструкции.

Старение покрытий происходит главным образом за счет окисления под влиянием кислорода воздуха, однако этот процесс усиливается при

воздействии света, тепла и воды. Именно поэтому старение покрытий в атмосферных условиях протекает во много раз интенсивнее, чем в помещении. Стойкость к окислению зависит от наличия в пленкообразователе легкоокисляющихся групп. При окислении протекают два конкурирующих процесса: с одной стороны, присоединение кислорода с образованием пероксидов и гидропероксидов, приводящее к увеличению массы пленки, с другой – удаление продуктов деструкции и соответственно уменьшение массы пленки. При этом первый процесс играет главную роль в начальный период пленкообразования и старения, второй – при эксплуатации [8–10].

На окислительную деструкцию пленкообразующего сильного влияние оказывают сиккативы, наполнители, модификаторы и пигменты. Сиккативы, уменьшая начальный период отверждения покрытия, могут ускорять процесс старения.

Некоторые пигменты также способны ускорять старение. При ультрафиолетовом облучении (УФ-лучи – это коротковолновая часть солнечного света) в результате поглощения квантов энергии происходят разрыв химических связей и деструкция молекул полимера.

При повышенных температурах происходит разрыв химических связей в молекулах полимеров, т. е. протекает термическая деструкция.

При старении из пленки постепенно удаляются остатки растворителя, не связанные с полимером, пластификаторы, низкомолекулярные продукты, повышающие эластичность пленки, и пленка, приобретая повышенную прочность, твердость и хрупкость, одновременно теряет эластичность.

В процессе старения в покрытии возрастают внутренние напряжения, обусловленные изменениями структуры полимера, усадочными явлениями и другими факторами.

В зависимости от соотношения сил адгезии, прочности пленки и внутренних напряжений разрушение может протекать по различным механизмам. Так, в случае плохой адгезии и больших внутренних напряжений может происходить отслаивание покрытия от подложки; если пленка имеет высокую прочность, может происходить полное отслоение покрытия без его растрескивания [11–14].

В том случае, когда величина внутренних напряжений больше прочности пленки, происходит ее растрескивание, а если величина напряжений больше и сил адгезии, то растрескавшееся покрытие отслаивается от подложки. При сохранении хорошей адгезии после растрескивания отслоения пленки от подложки может и не произойти.

Исследования систем ЛКП (натурные и ускоренные), проводимые в ВИАМ, позволяют наиболее точно оценить картину разрушения покрытий и их работоспособность в различных климатических условиях [15–17].

Материалы и методы

В ВИАМ разработаны научные и практические основы комплексной системы защиты от

коррозии авиационной техники, включающие более 150 технологий формирования защитных металлических, неметаллических неорганических, конверсионных и полимерных покрытий, а также их ремонта, что соответствует приоритетам «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» [18].

Наиболее полное представление о старении ЛКП позволяют сделать длительные испытания на климатических станциях, поэтому проведена оценка декоративных, физико-механических и защитных свойств систем ЛКП (на основе эмалей УР-1161, Aerodur C21/100 UVR, ХВ-16, АС-1115, ЭП-140) после 5 лет испытаний на климатических станциях ФГУП «ВИАМ» в условиях промышленной зоны умеренного климата (г. Москва) и умеренно теплого климата (г. Геленджик) при экспозиции на открытой климатической площадке (рис. 1).

Результаты

После 5 лет испытаний в условиях умеренно теплого климата отмечены следующие изменения декоративных свойств: блеск у покрытия на основе эмали УР-1161 снизился с 94 до 38 усл. ед., на основе эмали Aerodur C21/100 UVR – с 94 до 42 усл. ед., на основе эмали АС-1115 – с 73 до 7,0 усл. ед., на основе эмали ХВ-16 – с 8 до 1,0 усл. ед., на основе эмали ЭП-140 – с 80 до 1,2 усл. ед. Меление отмечено на системах покрытий с эмалью ЭП-140 (25 отпечатков), АС-1115 (18 отпечатков) и ХВ-16 (10 отпечатков). Характер изменения блеска покрытий показан на рис. 2.

На всех образцах произошло загрязнение ЛКП, коррозия отсутствует. При исследовании физико-



Рис. 1 Экспозиция образцов материалов и покрытий на открытой климатической площадке Геленджикского центра климатических испытаний ВИАМ (ГЦКИ)

механических и адгезионных свойств отмечено значительное изменение эластичности исследуемых покрытий – с 6,9–5,7 до 3,9–1,0 мм, прочности при ударе – с 5,0–3,0 Дж (50–30 см) до 5,0–0,8 Дж (50–8 см) в зависимости от состава покрытия, адгезия по ГОСТ 15140 сохраняется высокая – балл 1.

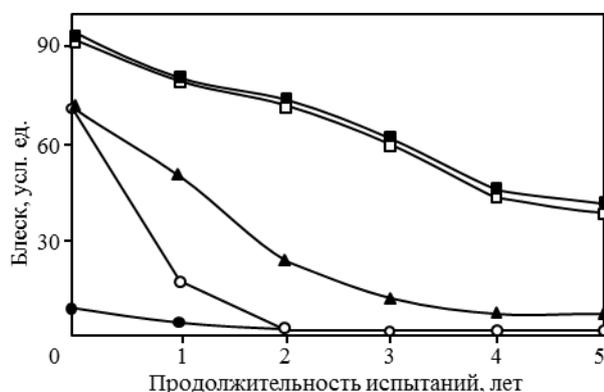


Рис. 2. Снижение блеска ЛКП после 5 лет экспозиции в ГЦКИ: УР-1161 (□); С21/100 UVR (■); АС-1115 (▲); ХВ-16 (●); ЭП-140 (○)

Определено изменение цвета покрытий – цветовое различие ΔE составило: 3,4 – у эмали УР-1161, 3 – у эмали Аеродур С21/100 UVR, 4 – у эмали АС-1115, 6 – у эмали ХВ-16, 8 – у эмали ЭП-140.

После 5 лет испытаний в условиях промышленной зоны умеренного климата отмечены следующие изменения декоративных свойств: блеск у покрытия на основе эмали УР-1161 снизился с 94 до 81 усл. ед., на основе эмали Аеродур С21/100 UVR – с 94 до 79 усл. ед., на основе эмали АС-1115 – с 70 до 10 усл. ед., на основе эмали ХВ-16 – с 80 до 2 усл. ед., на основе эмали ЭП-140 – с 80 до 2 усл. ед. Меление на образцах отсутствует, кроме систем покрытия с эмалью ЭП-140 (20 отпечатков) и ХВ-16 (8 отпечатков). На всех образцах отмечено загрязнение ЛКП, коррозия отсутствует. Цветовое различие ΔE составило: 3 – у эмали УР-1161, 2,5 – у эмали Аеродур С21/100 UVR, 3,5 – у эмали АС-1115, 4 – у эмали ХВ-16, 7 – у эмали ЭП-140.

При исследовании физико-механических свойств отмечено значительное изменение эластичности исследуемых покрытий – с 6,9–5,7 до

6,9–1,0 мм, прочности при ударе – с 5,0–3,0 Дж (50–30 см) до 5,0–1,5 Дж (50–15 см) в зависимости от состава покрытия, адгезия сохраняется высокая – балл 1.

Обсуждение и заключения

По результатам проведенных испытаний можно сделать следующие выводы:

– наиболее существенное влияние на декоративные, физико-механические и защитные свойства систем ЛКП на основе эмалей УР-1161, Аеродур С21/100 UVR, ХВ-16, АС-1115, ЭП-140 оказывает воздействие эксплуатационных факторов (УФ-излучение, термическая, окислительная и гидролитическая деструкция) в условиях умеренно теплового климата (ГЦКИ) после 5 лет экспозиции;

– воздействие эксплуатационных факторов (как правило, окислительная и гидролитическая деструкция) в условиях промышленной зоны умеренного климата (г. Москва) на свойства систем ЛКП проявляется в меньшей степени, чем в условиях ГЦКИ;

– системы ЛКП на основе полиуретановых эмалей являются наиболее атмосферостойкими и достаточно длительное время сохраняют высокие декоративные свойства, акриловые и эпоксидные покрытия обладают высокими защитными и адгезионными свойствами, но уступают полиуретановым материалам по стабильности изменения цвета (цветовое различие ΔE) и блеска покрытия;

– для обеспечения длительных сроков эксплуатации ЛКП необходимо проводить контроль состояния покрытия, осуществлять уход за ЛКП в соответствии с документацией, уточнять сроки профилактических работ и ремонта покрытия [19].

Для оценки комплексного воздействия факторов внешней среды на материалы, покрытия и элементы конструкций самолетов и других сложных технических систем с целью прогнозирования их срока службы крайне необходимо создание в различных климатических зонах климатических станций и национальной сети центров климатических испытаний.

Авторы выражают благодарность Н.Д. Родной, Т.А. Савенковой и др. за обсуждение результатов и объективную критику при написании данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е.Н. Коррозия или жизнь //Наука и жизнь. 2012. №11. С. 16–21.
2. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.
3. Кириллов В.Н., Старцев О.В., Ефимов В.А. Климатическая стойкость и повреждаемость полимерных композиционных материалов, проблемы и пути решения //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 412–423.
4. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники //Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
5. Лакокрасочные покрытия /В кн. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ. 2012. С. 319–329.
6. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В. и др. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.

7. 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.
8. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения. Деформация и разрушение материалов. 2011. №1. С. 34–40.
9. Бузник В.М. Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 29–34.
10. Нефедов Н.И., Семенова Л.В., Оносова Л.А. Исследование процессов отверждения фторполимерных композиций //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №11. С. 23–27.
11. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. I. Механизмы старения //Деформация и разрушение материалов. 2010. №11. С. 19–27.
12. 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.
13. 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.
14. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Модифицированный бромэпоксидный лак ВЛ-18 для защиты полимерных композиционных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2010. №1. С. 29–32.
15. Beider E.Ya., Donskoi A.A., Zhelezina G.F. et al. An experience of using fluoropolymer materials in aviation engineering //Russian Journal of General Chemistry. 2009. V. 79. №3. P. 548–564.
16. 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. 2013. №8. Ст. 05 (viam-works.ru).
17. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Нанесение лакокрасочных покрытий методом «сырой по сырому» //Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 39–42.
18. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 7–17.
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.