

УДК 667.691

Л.В. Семенова<sup>1</sup>, Т.А. Новикова<sup>1</sup>, Н.И. Нефедов<sup>1</sup>**ИЗУЧЕНИЕ СМЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СМЫВОК  
ДЛЯ УДАЛЕНИЯ СИСТЕМ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-1-32-37

*Проведено изучение особенностей смывающей способности отечественных смывок марок APS-A36, APS-A38 и СВП-4 лакокрасочных покрытий. Исследовано воздействие смывок как на само покрытие, так и на подложку. Установлено максимально допустимое время воздействия специальных составов на лакокрасочное покрытие.*

*По результатам проведенных исследований разработана технология ремонта лакокрасочного покрытия на внешней поверхности изделий авиационной техники, включающая различные методы удаления продуктов коррозии, оптимальную обработку поверхности химическими составами и нанесение высокоэффективных покрытий.*

**Ключевые слова:** лакокрасочные покрытия, смывки, коррозия, технология ремонта.

*The present paper describes the results of study of removing ability of Russian paint remover brands APS-A36, APS-A38 and SVP-4 for paint-and-lacquer coatings removal. The effect of paint removers both on the coating itself and the substrate was investigated. The maximum allowable time of application of special composition on the coating was determined.*

*As a result of the research the repair technology of paint coatings on the outer surface of aircraft has been developed, including different methods of removing corrosion products, optimal treatment of the surface by chemical compositions and application of high-efficiency coatings.*

**Keywords:** paint coatings, paint, remover, corrosion, repair technology.

<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**

В настоящее время в Российской Федерации предприятиями-изготовителями изделий авиационной техники (АТ) установлены сроки эксплуатации до 40 лет [1].

Для поддержания летной годности воздушных судов, в процессах серийного производства, капитального ремонта и при техническом обслуживании должны предъявляться повышенные требования к соблюдению технологий, предусмотренных конструкторской документацией [2].

Опыт эксплуатации самолетов и вертолетов показал, что главным фактором в обеспечении надежности является защита конструкций от коррозии при проведении плановых ремонтов, поскольку состояние конструкции при ремонте существенно отличается от состояния изделий при изготовлении [3].

При производстве изделий на деталях из алюминиевых сплавов используются лакокрасочные покрытия с горячей сушкой по «свежим» анодно-оксидному или химическому оксидному покрытию [4, 5].

Необходимое условие получения качественных и надежных в эксплуатации лакокрасочных покрытий – тщательная подготовка поверхности

перед окрашиванием, включающая также операцию по удалению ранее нанесенных покрытий. В мировой практике для этой цели наряду с механическими, термическими и некоторыми другими методами широко используется химический метод – очистка поверхности с помощью специальных составов – смывок на основе органических растворителей, щелочей или кислот. В последние годы этот метод удаления лакокрасочных покрытий (ЛКП) приобрел особое значение в связи с широким распространением новых видов лакокрасочных материалов (ЛКМ), обладающих высокой адгезионной прочностью [6].

По мере внедрения в лакокрасочную промышленность новых пленкообразующих веществ совершенствовались и рецептуры смывок с целью повышения их эффективности. Если первоначально смывки представляли собой простые смеси органических растворителей и не содержали специальных добавок, что было достаточным для удаления покрытий на основе термопластичных полимеров (битумов, нитратов, целлюлозы, виниловых полимеров и т. д.), то с распространением термореактивных полимеров (фенолформальдегидных, мочевино- и меламиноформальдегидных, акриловых, эпоксидных, полиуретановых и т. д.)

появилась необходимость в усложнении рецептур смывок [6].

Для удаления ЛКП применяются самые различные методы, используемые как при подготовке поверхности перед окрашиванием – механические, термические, химические, с помощью ультразвука, так и специально разработанные для этой цели – в псевдооживленном слое, с охлаждением в жидком азоте и др. [6].

Самое широкое распространение получил химический метод удаления ЛКП с металлических подложек, при котором очистка поверхности осуществляется с помощью специальных составов – смывок на основе органических растворителей, щелочей и кислот [7].

Процесс разрушения ЛКП под воздействием органических растворителей (метилхлорид, диметилсульфоксид, диметилформамид, N-метилпирролидон, диоксолан-1,3 и др.) можно рассматривать следующим образом. Активная часть смывки (молекулы растворителя) в результате диффузии проникает в покрытие, и происходит набухание полимерного связующего. Набухание может быть ограниченным или неограниченным, т. е. переходящим в растворение. Это зависит от термодинамического сродства растворителя к полимеру, структуры и строения полимера, т. е. наличия поперечных сшивок, разветвленности, кристалличности. Наличие поперечных сшивок или кристалличности является причиной ограниченного набухания полимера даже в термодинамически хорошем растворителе [8].

Растворитель, достигнув поверхности металлической подложки, на которой находится ЛКП, замещает адсорбированные молекулы полимера, в результате чего происходит разрушение адгезионной связи и отслаивание покрытия. Для ЛКП на основе термопластичных полимеров этот процесс завершается растворением. Покрытия на основе терморезистивных полимеров набухают и отслаиваются от подложки [7].

Наибольшее распространение в смывках на основе органических растворителей получили галогенсодержащие растворители, из которых на первом месте находится дихлорметан метилхлорид). Достоинством метилхлорида является его практическая негорючесть и высокая диффузионная способность за счет малого размера молекул (молярный объем  $V_{\text{мол}}=63,69 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{моль}$ ). Высокая активность таких смывок также достигается путем применения в качестве соразтворителя метанола, а разрыхлителем является муравьиная кислота. Вместе с тем применение хлорированных углеводородов является нежелательным с точки зрения охраны окружающей среды [6, 7].

Специфика ремонта ЛКП состоит в том, что окраске подвергаются поверхности после удаления ранее нанесенных, зачастую устаревших видов покрытий с последующим нанесением покрытий «холодного» отверждения [9].

С целью повышения эффективности ремонта защитных покрытий во ФГУП «ВИАМ» проводятся работы в направлениях:

- повышения эффективности удаления продуктов коррозии для предотвращения ее распространения при дальнейшей эксплуатации изделий;
- оптимальной подготовки поверхности после удаления ранее нанесенных защитных ЛКП на участках с удаленной коррозией и на остальных поверхностях самолета;
- разработки высокоэффективных систем ЛКП с «холодной» сушкой, обеспечивающих надежную антикоррозионную защиту, адгезию и комплекс физико-механических характеристик.

Но прежде чем применять смывки, необходимо провести исследования по их воздействию как на само ЛКП, так и на субстрат (подложку), оценить смывающую способность смывок и осложнения, которые могут возникнуть после их воздействия (коррозия металла и др.), т. е. установить максимально допустимое время воздействия состава на покрытие [10–12].

Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 17.7. «Лакокрасочные материалы и покрытия на полимерной основе» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») [13].

#### Материалы и методы

Смываемость систем ЛКП на основе эпоксидных, акриловых, хлорвиниловых, полиуретановых эмалей российскими смывками APS-A36, APS-A38 (ТУ2319-002-78125300–2006) и СВП-4 (ТУ2319-005-78125300–2013) определяли путем нанесения смывок на покрытия с оценкой времени до отслаивания ЛКП от металла [14–17].

Смывки APS-A36 и APS-A38 представляют собой вязкие жидкости от светло-желтого до желтого цвета, с запахом аммиака. В рецептуру смывок входят аммиак, дихлорметан, изопропанол, загуститель, ингибиторы коррозии и другие компоненты. Смывка APS-A38 обладает менее резким запахом, чем смывка APS-A36.

Смывка APS-A36 наиболее эффективна при нанесении в виде спрея (возможно нанесение кистью) при работе в холодный период – от 10 до 20°C. Смывка APS-A38 рекомендуется для нанесения кистью (возможно нанесение в виде спрея) при работе в теплый период – от 20 до 30°C. Эффективное время воздействия данных смывок составляет от 5 до 50 мин при температуре 20±2°C.

Смывка СВП-4 представляет собой вязкую жидкость с нейтральным pH, от светло-серого до светло-желтого цвета. В состав смывки входят: дихлорметан, загуститель, ингибиторы коррозии и другие компоненты. Данная смывка является коррозионно-инертной по отношению к большинству авиационных конструкционных сплавов.

Смывка СВП-4 рекомендуется для применения при температуре от 15 до 30°C, эффективное время воздействия – от 30 мин до 2 ч при температуре 20±2°C. Для удаления сильнополимеризованных лакокрасочных покрытий смывку необходимо наносить 2–3 раза по мере необходимости после полного впитывания смывки в ЛКП.

Для оценки коррозионного воздействия на типовые металлические материалы используются методы испытаний согласно ОСТ1 90257–77 «Защита от коррозии деталей и узлов авиационной техники в механических, сборочных цехах и на складах готовых деталей»:

- погружение металлического образца в смывку;
- воздействие нанесенной смывки на металлы при экспозиции в условиях камеры тепла и влаги в течение 30 сут.

При проведении исследований образцы металлических материалов полностью погружали в

смывку на 1 ч при температуре 20±2°C. После испытаний образцы промывали водой и сушили на воздухе. Образцы металлов взвешивали до и после испытаний. Испытания были продолжены в условиях камеры тепла и влаги.

Оценку коррозионного воздействия осуществляют по изменению внешнего вида образца ежедневно в течение первых пяти суток испытаний и в последующем – один раз в пять суток.

### Результаты

Результаты испытаний приведены в табл. 1, 2 и на рис. 1, 2.

Анализ результатов показал, что смывки APS-A36 и APS-A38 не полностью удаляют системы покрытий с эпоксидными грунтовками горячей сушки ЭП-0215 и ЭП-0208 – продолжительность воздействия составляет более 24 ч, для смывки СВП-4 – более 72 ч. В системах ЛКП с грунтовками

Таблица 1

Смываемость систем лакокрасочных покрытий (ЛКП) при серийном производстве

Система ЛКП*	Время до отслаивания ЛКП, ч, при воздействии смывки		
	APS-A36	APS-A38	СВП-4
Грунт ЭП-0215 г.с.+грунт ВГ-28+эмаль Aerodur C 21/100UVR	24 (50% – от металла)	24 (50% – от металла)	>72 (20% – от металла)
Грунт ЭП-0215 г.с.+грунт Aerodur CF 37047+эмаль Aerodur C 21/100UVR	2,5 (от металла)	3,5 (от металла)	>48 (20% – от металла)
Грунт ЭП-0208 г.с.+грунт ЭП-0215+эмаль ЭП-140	24 (30% – от металла)	3,5 (от металла)	>48 (размягчение эмали)
Грунт ЭП-0208 г.с.+грунт ЭП-076АК+эмаль АС-1115	24 (30% – от металла)	24 (30% – от металла)	24 (от грунта ЭП-0208)
Грунт АК-070 г.с.+грунт АК-070+эмаль АС-1115	10 мин (от металла)	10 мин (от металла)	20 мин (от металла)
Грунт АК-070 г.с.+грунт АК-070+эмаль ХВ-16	5 мин (от металла)	5 мин (от металла)	20 мин (от металла)
Грунт ЭП-0208 г.с. (2 слоя)	24 (30% – от металла)	2 (от металла)	>72 (нет воздействия)
Грунт ЭП-0215 г.с. (2 слоя)	>48 (размягчение)	24 (40% – от металла)	>72 (20% – от металла)

\* Без предварительного старения на подложке из алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.нхр после горячей сушки (г.с.).

Таблица 2

Смываемость систем лакокрасочных покрытий (ЛКП) при ремонтном производстве

Система ЛКП*	Время до отслаивания ЛКП, ч, при воздействии смывки		
	APS-A36	APS-A38	СВП-4
Грунт ЭП-0215 х.с.+эмаль ЭП-140	8 (от металла)	8 (от металла)	>24 (от металла)
Грунт ВГ-28 х.с.+эмаль Aerodur C 21/100UVR	10 (от металла)	9 (от металла)	>24 (от металла)
Metaflex WR+грунт Aerodur CF 37047+эмаль Aerodur C 21/100UVR	0,5 (от металла)	0,5 (от металла)	1,5 (от металла)
Грунт АК-070 х.с.+грунт Aerodur CF 37047+эмаль Aerodur C 21/100UVR	10 мин (от металла)	10 мин (от металла)	0,5 (от металла)
Грунт ЭП-076АК х.с.+грунт Aerodur CF 37047+эмаль Aerodur C 21/100UVR	0,5 (от металла)	0,5 (от металла)	1,5 (от металла)
Грунт ЭП-076АК х.с.+эмаль ХВ-16	15 мин (от металла)	10 мин (от металла)	0,5 (от металла)

\* Без предварительного старения на подложке из алюминиевого сплава Д16-АТ Ан.Окс.нхр после холодной сушки (х.с.) при температуре 20°C.



Рис. 1. Технологический процесс удаления ранее нанесенных лакокрасочных покрытий

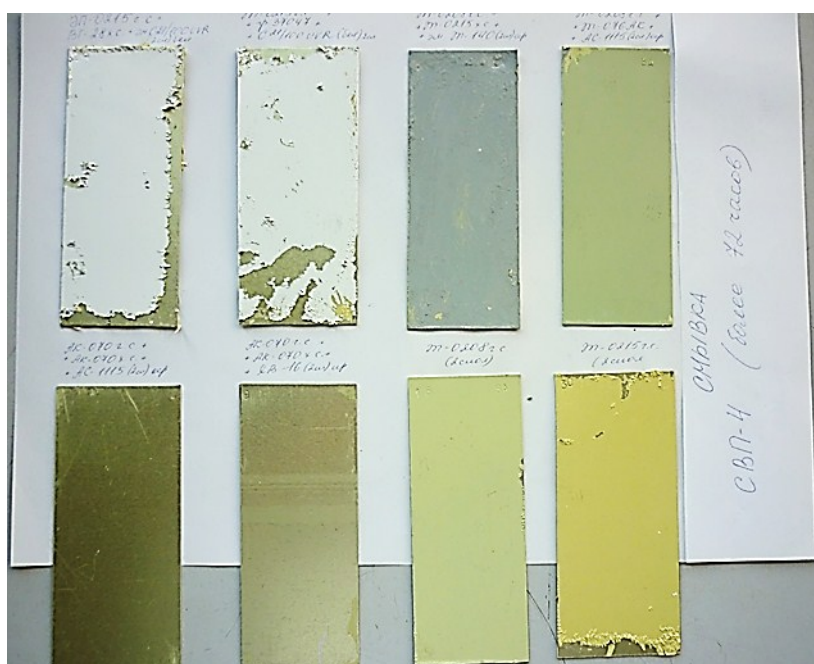


Рис. 2. Действие смывок на лакокрасочное покрытие

АК-070 и ЭП-076АК удаление покрытия до металла составляет от 5 до 30 мин.

При перекраске поверхности после воздействия исследуемых смывок на ЛКП, на образцах провели следующую подготовку поверхности:

- отслоившееся покрытие и остатки смывки удалили мягким скребком, после чего поверхность промыли теплой водой;

- затем поверхность трижды промыли растворителем Р-5А.

На подготовленные таким образом образцы повторно наносили системы ЛКП. Установлено, что при качественном удалении остатков смывки адгезия вновь нанесенного покрытия по ГОСТ 15140 является удовлетворительной.

Защитные свойства повторно нанесенных систем ЛКП определяли в камере солевого тумана

(5%-ный раствор NaCl, температура  $35 \pm 2^\circ\text{C}$ ) в течение 500 ч на образцах из сплава Д16-АТ Ан.Окс.нхр. На образцах с ЛКП сделан надрез специальным резцом до сплава с нарушением защитных покрытий. После испытания оценивали распространение коррозии от надреза. Испытанные системы ЛКП на сплаве Д16-АТ Ан.Окс.нхр обладают высокими защитными свойствами, нитевидной коррозии не наблюдается [18].

При наличии коррозионных повреждений на внешней поверхности изделий авиационной техники (прессованные панели, прессованные профили, обшивочные листы, в том числе кромки и торцы деталей и т.д.) после удаления продуктов коррозии прежде всего следует обеспечить усиление защиты этих участков путем обработки их пастой ВИП-А, химического оксидирования,



Рис. 3. Технологический процесс нанесения покрытий на воздушное судно

нанесения грунтовки, а при необходимости – шпатлевки. Затем подготовить всю внешнюю поверхность изделия, в том числе выполнить химическое оксидирование и произвести окончательную окраску изделия с нанесением грунтовок и эмалей [19].

#### Обсуждение и заключения

Для выбора способа удаления ЛКП необходимо знать тип пленкообразующих, используемых для изготовления ЛКМ, условия формирования и эксплуатации покрытий, а также виды подложек, на которые они нанесены. В зависимости от этого используются различные методы удаления покрытий – химические, механические, термические и т. д.

На основании проведенных исследований разработана технология ремонта ЛКП на внешней поверхности изделий авиационной техники, включающая различные методы удаления продуктов коррозии, оптимальную обработку поверхности химическими составами и нанесение высокоэффективных ЛКП (рис. 3).

Применение разработанной технологии защиты позволит значительно повысить надежность антикоррозионной защиты конструкций авиационной техники при ремонте изделий после эксплуатации.

В последние годы все больше внимания уделяется экологии и окружающей среде. В связи с этим производители смывок стали использовать растворители, не содержащие хлорированные углеводороды, такие как высококипящие гликолевые эфиры, сложные эфиры дикарбоновых кислот, N-метилпирролидон, спирты и кетоны в сочетании со вспомогательными веществами. Особенно важно то, что отходы веществ для снятия ЛКП легко разлагаются микроорганизмами.

#### Благодарности

Авторы выражают благодарность Т.А. Савенковой за проведение экспериментальной работы и активное участие в написании данной статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2012. 520 с.
2. Каблов Е.Н. Авиационное материаловедение: итоги и перспективы // Вестник Российской академии наук. 2002. Т. 72. №1. С. 3–12.
3. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.
4. 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.
5. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Нанесение лакокрасочных покрытий методом «сырой по сырому» // Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 39–42.
6. Ицко Э.Ф., Дринберг А.С. Удаление лакокрасочных покрытий. М.: ЛКМ-пресс, 2010. С. 116.
7. Ицко Э.Ф., Дринберг А.С. Смывки для удаления лакокрасочных покрытий // Промышленная окраска. 2003. №4. С. 2–6.
8. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. С. 214–220.
9. Каблов Е.Н. Коррозия или жизнь // Наука и жизнь. 2012. №11. С. 16–21.
10. Каблов Е.Н. Химия в авиационном материаловедении // Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 3–4.

11. 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: 07.12.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-8-7-7.
12. Лакокрасочные покрытия. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука, 2007. С. 326.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Тенденции развития в области конформных покрытий для влагозащиты и электроизоляции плат печатного монтажа и элементов радиоэлектронной аппаратуры // Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 50–52.
17. Beider E.Ya., Donskoi A.A., Zhelezina G.F., Kondrashov E.K., Sytyi Y.V., Surnin E.G. An experience of using fluoropolymer materials in aviation engineering // Russian Journal of General Chemistry. 2009. Vol. 79. No. 3. P. 548–564.
18. 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.
19. Семенова Л.В., Нефедов Н.И. Применение оксидных модифицированных грунтовок в системах ЛКП // Авиационные материалы и технологии. 2014. №3. С. 38–44. DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-3-38-44.