



УДК 667.64

DOI: 10.18577/2307-6046-2014-0-2-5-5

## **ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГИДРОАГРЕГАТОВ**

Л.В. Семенова

*кандидат технических наук*

Н.И. Нефедов

**Февраль 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.

## ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ГИДРОАГРЕГАТОВ\*

*Установлено, что оптимальным вариантом покрытий, устойчивых к воздействию жидкостей для гидросистем НГЖ-4 и НГЖ-5у, являются композиции на основе разветвленных эпоксидных олигомеров, отверждаемых соединениями на основе кремнийорганических аминов. Новые покрытия обладают хорошими физико-механическими свойствами, высокой адгезией и устойчивостью к воздействию жидкостей НГЖ-4 и НГЖ-5у. По сравнению с ранее применяемыми системами лакокрасочных покрытий (ЛКП) использование новых систем снижает токсичность и исключает применение материалов, содержащих зарубежные дефицитные компоненты сырья.*

**Ключевые слова:** лакокрасочные материалы, системы лакокрасочных покрытий, гидроагрегаты, фторполимеры.

L.V. Semyonova, N.I. Nefyodov

## COATINGS FOR PROTECTION OF HYDRAULIC UNITS

*It has been established that an optimum variant of coatings resistant to liquids for hydraulic systems NFL-4 and NFL-5u compositions are based on branched epoxy oligomers, curing compounds on the basis of silicone amines. New coatings have good physical and mechanical properties, good adhesion and resistance to liquids NFL-4 and NFL-5u. Compared with the previously applicable systems paint-and-lacquer coatings (PLC) use of the new systems reduces the toxicity and excludes the use of materials containing foreign scarce raw material components.*

**Keywords:** paint-and-lacquer materials, systems of paint-and-lacquer coatings, hydraulic units, fluoropolymers.

В настоящее время основное средство защиты металлических деталей от коррозии и некоторых неметаллических материалов от атмосферных воздействий, а в ряде случаев и эрозии, – лакокрасочные покрытия. Практически все поверхности деталей, узлов, агрегатов (в том числе гидроагрегатов) и летательного аппарата в целом защищают ЛКП [1, 2].

---

\*В работе принимали участие В.А. Кузнецова, А.А. Козлова.

В качестве рабочего тела в гидросистемах изделий авиационной техники применяются негорючие жидкости НГЖ-4 и НГЖ-5у и импортные аналоги, которые являются хорошими пластификаторами и растворителями для многих негорючих материалов. Традиционные ЛКП, работающие в контакте с ними (особенно при повышенных температурах), размягчаются, происходит их отслаивание от подложки и разрушение [3, 4].

В качестве покрытий для защиты гидроагрегатов, подвергаемых обливу жидкостями для гидросистем НГЖ-4 и НГЖ-5у, до недавнего времени рекомендовались системы ЛКП на основе полиуретановых композиций, главным недостатком которых является высокая токсичность и наличие в их составе дорогостоящих зарубежных компонентов.

Для снижения токсичности, а также чтобы исключить материалы, содержащие импортные компоненты сырья, в ВИАМ создан комплект подобных материалов на эпоксидной и фторполиуретановой основах [5–10].

Установлено, что оптимальным вариантом покрытий, устойчивых к воздействию жидкостей НГЖ-4 и НГЖ-5у, являются композиции на основе полифункциональных разветвленных эпоксидных олигомеров, отверждаемых отвердителями на основе кремнийорганических аминов (АСОТ-2 и АСОТ-4).

В ВИАМ разработана система ЛКП, в состав которой входит эмаль ЭП-140М (отвердитель АСОТ-2), устойчивая к воздействию жидкостей для гидросистем. Такая система покрытий широко применяется в качестве антикоррозионной защиты воздушных отсеков фюзеляжа изделий авиационной техники.

Для гидроагрегатов, эксплуатирующихся при повышенных температурах, в ВИАМ совместно с РХТУ им. Д.И. Менделеева разработаны грунтовка ЭП-0232 и эмаль ВЭ-45 на основе разветвленного эпоксидного олигомера – для обеспечения длительной устойчивости систем ЛКП при обливе жидкостями НГЖ-4 и НГЖ-5у. Материалы сохраняют высокие физико-механические и прочностные показатели в условиях воздействия жидкостей при температурах до 150°C. Высокая химическая стойкость таких покрытий обусловлена разветвленной структурой полимера и повышенной функциональностью, обеспечивающей более высокую частоту сшивки макромолекул.

Определение стойкости к гидрожидкостям проводили с использованием прибора для нанесения царапин фирмы Erichsen (Германия), т. е. находили величину нагрузки (в граммах), при которой покрытие снималось с подложки после воздействия агрессивной среды при определенных температурах.

Из данных таблицы видно, что разработанные ЛКП на основе грунтовки ЭП-0215 и модифицированной эмали ЭП-140М, грунтовки ЭП-0232 и эмали ВЭ-45 об-

ладают хорошими физико-механическими свойствами, высокой адгезией и устойчивостью к воздействию жидкостей для гидросистем.

#### Устойчивость систем покрытий к жидкостям для гидросистем

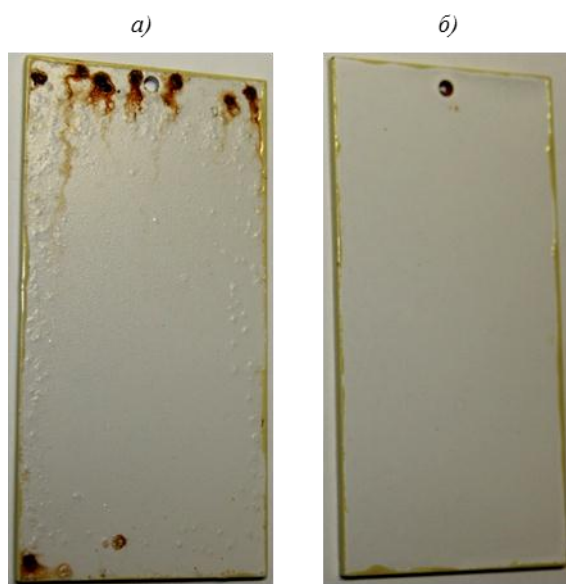
Система ЛКП	Устойчивость при царапании, г, к жидкостям НГЖ-4 и НГЖ-5у в течение 1000 ч при температуре, °С		Прочность при ударе, Дж (ГОСТ 4765–73)	Адгезия, балл (ГОСТ 15140–82)	Изменение внешнего вида покрытия
	20	70			
Грунтовка ЭП-0208+грунтовка ЭП-076+эмаль ЭП-140 (серийная)	1900	400	5	1 (4 от заклепок)	Без изменения
Грунтовка ЭП-0215 (2 слоя) + эмаль ЭП-140М	3000	1900	5	1	То же
Грунтовка ЭП-0232 (горячей сушки)+грунтовка ЭП-0232 + эмаль ВЭ-45	3000	2100	5	1	--
Грунтовка ФЛ-086 горячей сушки (серийная)	Полное разрушение				
Грунтовка ЭП-0215	2000	500	5	1	Без изменения
Грунтовка ЭП-0232	3000	1700	5	1	То же

Еще одним классом покрытий, которые могут использоваться для защиты гидроагрегатов, являются покрытия на основе фторполимеров. Известно, что лакокрасочные материалы на основе традиционных олигомеров, содержащие даже небольшие добавки фторсодержащего компонента, обеспечивают получение покрытий с лучшей влагонепроницаемостью, антикоррозионной защитой и химической стойкостью [11].

Можно выделить несколько направлений развития фторполимерной химии, значимых в академическом и прикладном отношении: создание ультра- и нанодисперсных порошковых материалов, разработка растворных методов применения фторполимерных материалов, синтез сложных фторполимерных супрамолекулярных систем типа мембран, создание композитов с использованием наноразмерных наполнителей, модифицирование различными способами уже известных фторполимерных материалов, расширение круга функциональных фторполимеров и др. Порошки политетрафторэтилена имеют свой сектор рынка фторполимерных материалов. В подавляющем большинстве фторполимеры используются как конструкционные, протекторные, трибологические материалы, в меньшей степени – как функциональные, за исключением применения в качестве электроизоляционных материалов, однако это направление заслуживает большего внимания и требует проведения более интенсивных исследований как в фундаментальном, так и прикладном отношении [12].

Применение фенолформальдегидных и эпоксидных олигомеров в сочетании с фторполимерами дает возможность получить гидрофобные и износостойкие покрытия. Однако у таких покрытий наблюдается невысокая адгезия к подложке, они отличаются сложностью и длительностью формирования покрытий, что ограничивало их применение для защиты гидроагрегатов [13].

На основании проведенных в последнее время исследований в ВИАМ разработана рецептура фторполиуретановой эмали ВЭ-69 и системы лакокрасочных покрытий на основе грунтовок ЭП-0215, ЭП-0215М, ВГ-28 и эмали ВЭ-69, которые обладают повышенной стойкостью к воздействию авиационных масел, топлива и гидрожидкостей. Исследование свойств ЛКП в сравнении с применяющимися покрытиями на основе эпоксидных, полиуретановых, акрилуретановых материалов в исходном состоянии и после воздействия факторов эксплуатации показало, что системы покрытий на основе фторполиуретановой эмали ВЭ-69 в 1,2 раза превосходят аналоги – серийно применяемые для окраски авиатехники полиуретановые эмали УР-1161 и Aerodur C21/100UVR (Голландия) – по стойкости к царапанию после воздействия агрессивных факторов, по атмосферостойкости, являются более грибостойкими, обеспечивают защиту от коррозии алюминиевых, магниевых сплавов и сталей и превосходят по защитным свойствам серийную систему покрытий на основе эпоксидной эмали ЭП-140 (см. рисунок).



Внешний вид образцов (подложка из стали Ст. 20) после испытания в камере солевого тумана в течение 3000 ч с системами ЛКП на основе грунтовки ЭП-076 и эмалей ЭП-140 (а) и ВЭ-69 (б)

Разработанные системы покрытий рекомендуются для обеспечения антикоррозионной защиты конструкций из алюминиевых и магниевых сплавов, сталей, а также для

защиты от атмосферного воздействия полимерных композиционных материалов в транспортном машиностроении, химической и авиационной промышленности, судостроении и строительстве, в том числе для окраски авиационной техники, вагонов, для защиты химической аппаратуры, хранилищ нефтепродуктов, аппаратуры в пищевой промышленности, бетонных сооружений, т. е. конструкций, для которых требуется длительная защита от факторов внешней среды и агрессивных жидкостей [13].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Лакокрасочные покрытия /В кн. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. С. 326.
3. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение. 1978. С. 281–282.
4. 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.
5. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 315–327.
6. 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.
7. 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.
8. Бейдер Э.Я., Донской А.А., Железина Г.Ф., Кондрашов Э.К., Сытый Ю.В., Сурнин Е.Г. Опыт применения фторполимерных материалов в авиационной технике //Российский химический журнал. 2008. Т. LII. №3. С. 30–44.
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. 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.
12. 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.
13. 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.

#### References list

1. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions of the development of materials and technologies of their processing for the period until 2030] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 7–17.
2. Lakokrasochnye pokrytija [Paint and varnish coverings] /V kn. Istorija aviacionnogo materialovedenija: VIAM – 75 let poiska, tvorcestva, otkrytij /Pod obshh. red. E.N. Kablova. M.: Nauka. 2007. S. 326.
3. Chebotarevskij V.V., Kondrashov Je.K. Tehnologija lakokrasochnyh pokrytij v mashinostroenii [Technology of paint and varnish coverings in mechanical engineering]. M.: Mashinostroenie. 1978. S. 281–282.
4. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A., Malova N.E. Razvitie aviacionnyh lakokrasochnyh materialov [Development of aviation paintwork materials] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravocnik. 2012. №5. С. 49–54.
5. Semenova L.V., Malova N.E., Kuznecova V.A., Pozhoga A.A. Lakokrasochnye materialy i pokrytija [Paintwork materials and coverings] //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 315–327.
6. Kondrashov Je.K., Kuznecova V.A., Semenova L.V., Lebedeva T.A. Osnovnye napravlenija povyshenija jekspluatacionnyh, tehnologicheskikh i jekologicheskikh harakteristik lakokrasochnyh pokrytij dlja aviacionnoj tehniky [The main directions of increase of op-

- erational, technical and ecological characteristics on paint and varnish coverings for the aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 96–102.
7. Semenova L.V., Kondrashov Je.K. Modificirovannyj bromjepoksidnyj lak VL-18 dlja zashhity polimernyh kompozicionnyh materialov [The modified bromepoksidny varnish of VL-18 for protection of polymeric composite materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №1. S. 29–32.
  8. Bejder Je.Ja., Donskoj A.A., Zhelezina G.F., Kondrashov Je.K., Sytyj Ju.V., Surnin E.G. Opyt primeneniya ftorpolimernyh materialov v aviacionnoj tehnike [Experience of application of polymericfluorine materials in the aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2008. T. LII. №3. S. 30–44.
  9. Buznik V.M. Sverhgidrofobnye materialy na osnove ftorpolimerov [Superhydrophobic materials on the basis of ftorpolimer] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 29–34.
  10. Nefedov N.I., Semenova L.V., Onosova L.A. Issledovanie processov otverzhdenija ftorpolimernyh kompozicij [Research of processes of an otverzhdeniye of polymericfluorine compositions] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2013. №11. S. 23–27.
  11. Nefedov N.I., Semenova L.V. Tendencii razvitija v oblasti konformnyh pokrytij dlja vlagozashhity i jelektroizoljaciji plat pechatnogo montazha i jelementov radiojelektroonnoj apparatury [Development tendencies in the field of conformal coverings for moisture protection and electrical insulation of payments of printed circuit wiring and elements of the radio-electronic equipment] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 50–52.
  12. Kondrashov Je.K., Kozlova A.A., Malova N.E. Issledovanie kinetiki otverzhdenija ftorpoliuretanovyh jemalej alifaticheskimi poliizocianatami razlichnyh tipov [Research of kinetics of an otverzhdeniye ftorpoliuretanovykh of enamels aliphatic polyisocyanates of various types] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 48–49.
  13. Semenova L.V., Rodina N.D., Nefedov N.I. Vlijanie sherohovatosti sistem lakokrasochnyh pokrytij na jekspluatacionnye svojstva samoletov [Influence of a roughness of systems of paint and varnish coverings on operational properties of planes] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №2. S. 37–40.