

УДК 667.6

*Н.И. Нефедов<sup>1</sup>, Л.В. Семенова<sup>1</sup>*

## **НАНЕСЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ «СЫРОЙ ПО СЫРОМУ»\***

*В современном мире требования к лакокрасочным материалам неуклонно возрастают как в отношении повышения их качества, расширения ассортимента, так и в части совершенствования технологии их применения.*

*Одним из технологических способов снижения затрат является нанесение покрытий методом «сырой по сырому». В основу метода положено формирование системы покрытий при нанесении последующих слоев лакокрасочных материалов на недосушенные предыдущие слои.*

*Исследованы свойства систем лакокрасочных покрытий (ЛКП) в сочетании с различными грунтовками.*

**Ключевые слова:** лакокрасочные материалы, технология окраски, покрытия, адгезия, проницаемость, авиационные материалы.

*N.I. Nefyodov<sup>1</sup>, L.V. Semyonova<sup>1</sup>*

## **THE APPLICATION OF PAINT AND VARNISH COATINGS BY METHOD «CRUDE ON CRUDE»**

*In the present-day world of the requirement to paint and varnish materials steadily increase as concerning increase of their quality, expansion of the range, and regarding improvement of technology of their application.*

*One of technological ways of decrease in expenses is coatings deposition by method «crude on crude». In a basis of a method formation of system of coatings when deposition the subsequent layers of paint and varnish materials on underdried previous layers is necessary.*

*Properties of systems of paint and varnish coatings in a combination with various primers are investigated.*

**Keywords:** paint and varnish materials, painting procedure, coatings, adhesion, permeability, aviation materials.

---

<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

Успех эффективной защиты изделий и конструкций зависит от правильного выбора системы ЛКП, подготовки поверхности с учетом конструктивной особенности, а также условий эксплуатации.

Надежность, долговечность и декоративный вид покрытия определяются целым рядом факторов: свойствами лакокрасочного материала, схемой построения системы защитного покрытия, подготовкой поверхности, а также условиями и режимом формирования каждого слоя [1–4].

В современном мире требования к лакокрасочным материалам неуклонно возрастают как в отношении повышения их качества, расширения ассортимента, так и в части совершенствования технологии их применения.

Проблемы совершенствования технологий нанесения ЛКП имеют очень важное значение, так как потребитель всегда стремится к уменьшению энергетических, материальных и трудовых затрат без снижения качества и срока службы покрытий.

---

\* В работе принимали участие Н.Д. Родина, Т.А. Новикова.

Одним из способов достижения указанных преимуществ является нанесение покрытий методом «сырой по сырому». В основу метода положено формирование системы покрытий при нанесении последующих слоев лакокрасочных материалов на недосушенные предыдущие слои [5–8].

В ВИАМ проведены исследования по отработке режимов сушки слоев ЛКП на основе серийно применяемых эмалей ХВ-16, ЭП-140, АС-1115 в сочетании с различными грунтовками.

При решении задачи по сокращению времени нанесения и формирования покрытия нельзя допустить снижения защитных функций лакокрасочного покрытия, которые во многом определяются механизмами разрушения, протекающими в ЛКП.

Механизм разрушения лакокрасочного покрытия характеризуется последовательными и параллельными превращениями физического, химического, электрохимического и механического характера. Процесс диффузионного проникновения включает в себя адсорбцию реагентов среды на поверхности покрытия, растворение их в пленке покрытия, перенос через пленку под влиянием градиента химического потенциала и адсорбцию на поверхности металла. Затем следует растворение водой пассивирующих пигментов (в случае их присутствия), торможение коррозионных процессов, осмотическое проникновение воды на участках неадгезированного покрытия. Вода, проникая в покрытие, частично растворяет противокоррозионные пигменты, образуя пассивирующий раствор на границе «металл–покрытие». Содержание водорастворимых пигментов в покрытии выбирается обычно с учетом оптимального сочетания их положительных свойств (защита от коррозии) и отрицательных (осмос, снижение барьерных качеств). При осмотическом заполнении пленки водой давление в ней возрастает, что приводит к образованию под пленкой осмотических пузырей. Со временем в отдельных местах начинают нарушаться слабые адгезионные связи, чему способствует расклинивающее действие раствора. Неизбежно следующее за этим снижение концентрации пассивирующего раствора под пленкой покрытия ниже минимального защитного уровня приводит к началу коррозионного процесса [9–11].

Стремительно развивается тенденция по применению полимерных композиционных материалов (ПКМ) в изделиях различного назначения. Объемы их применения в изделиях авиатехники также увеличиваются. В связи с этим следует учитывать, что диффузионная проницаемость для паров воды является важнейшей характеристикой лакокрасочных покрытий при окраске плат печатного монтажа, элементов радиоэлектронной аппаратуры, конструкций из ПКМ [12, 13].

Именно поэтому в процессе данного исследования критериями качества покрытий являлись паропроницаемость, адгезия, твердость и защитные свойства. Защитные свойства определялись при испытании в камере тропического климата и электрохимическими методами путем измерения составляющих импеданса – емкости и тангенса угла диэлектрических потерь – исследуемых систем покрытий до и после увлажнения.

Продолжительность межслойной сушки грунтовок варьировалась от 5 до 60 мин, эмалей – от 15 до 120 мин. Отмечено (см. таблицу), что при межслойной сушке грунтовок в течение 5 мин наблюдается подрастворение грунтовки эмалью и взаимное проникновение слоев. При этом после испытаний покрытий в течение 7 мес в камере тропического климата для системы ЛКП 210 (ОСТ 1 90055–85) с межслойной сушкой грунтовки АК-070 в течение 5 мин наблюдается пожелтение покрытия, при межслойной сушке грунтовок в течение  $\geq 15$  мин такого явления не наблюдается.

### Свойства лакокрасочных покрытий, отвержденных по различным режимам

Условный номер и система ЛКП (ОСТ1 90055–85)	Порядковый номер слоя покрытия	Режим сушки		Толщина покрытия, мкм	Твердость (ГОСТ 5233–89)	Адгезия, балл (ГОСТ 15140–82)		Паропроницаемость, г/см <sup>2</sup> , через, сут	
		температура, °С	продолжительность, мин			в исходном состоянии	после выдержки в дистиллированной воде в течение 10 сут	1	30
210: грунтровка АК-070 (1 слой) + грунтровка АК-070 (2 слой) + эмаль ЭП-140 (3 слой) + эмаль ЭП-140 (4 слой)	1	18–35	5	100	0,6	1	1	2,14	1,61
	2	18–35	5						
	3	18–35	15						
	4	90	180						
	1	18–35	15	90	0,76	1	1	1,44	1,11
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	90	180						
	1	18–35	15	120	0,48	1	1	–	–
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	18–35	20						
1	18–35	30	100	0,77	1	1	–	–	
2	18–35	30							
3	18–35	30							
4	90	180							
1	18–35	30	90	0,5	1	1	–	–	
2	18–35	30							
3	18–35	30							
4	18–35	20 сут							
1	18–35	90	110	0,8	1	1	1,85	1,57	
2	18–35	90							
3	90	60							
4	90	180							
1	18–35	90	110	0,62	1	1	–	–	
2	18–35	90							
3	18–35	120							
4	18–35	20 сут							
224: грунтровка АК-070 (1 слой) + грунтровка АК-070 (2 слой) + эмаль ХВ-16 (3 слой) + эмаль ХВ-16 (4 слой)	1	18–35	15	75	0,3	3	3	1,47	1,25
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	80	120						
	1	18–35	15	75	0,24	3	3	1,94	1,73
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	18–35	20 сут						
	1	18–35	30	70	0,37	3	3	2,53	1,96
	2	18–35	30						
	3	18–35	30						
	4	80	120						
1	18–35	30	70	0,26	3	3	–	–	
2	18–35	30							
3	18–35	30							
4	18–35	20 сут							
1	18–35	90	80	0,45	3	3	1,8	1,62	
2	18–35	90							
3	18–35	120							
4	80	120							
169: грунтровка ВЛ-02 (1 слой) + грунтровка АК-070 (2 слой) + эмаль ХВ-16 (3 слой) + эмаль ХВ-16 (4 слой)	1	18–35	15	100	0,4	3	3	2,81	1,76
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	80	120						
	1	18–35	30	100	0,4	3	3	2,20	1,42
	2	18–35	30						
	3	18–35	30						
	4	80	120						
	1	18–35	90	100	0,4	3	3	2,87	1,81
2	18–35	90							
3	18–35	120							
4	80	120							

Продолжение таблицы

Условный номер и система ЛКП (ОСТ 1 90055–85)	Порядковый номер слоя покрытия	Режим сушки		Толщина покрытия, мкм	Твердость (ГОСТ 5233–89)	Адгезия, балл (ГОСТ 15140–82)		Паропроницаемость, г/см <sup>2</sup> , через, сут	
		температура, °С	продолжительность, мин			в исходном состоянии	после выдержки в дистиллированной воде в течение 10 сут	1	30
254: грунтовка АК-070 (1 слой) + грунтовка АК-070 (2 слой) + эмаль АС-1115	1	18–35	15	80	0,42	1	3	4,06	3,99
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	90	120						
(3 слой) + эмаль АС-1115 (4 слой)	1	18–35	30	70	0,47	1	3	4,75	4,71
	2	18–35	30						
	3	18–35	30						
	4	90	120						
	1	90	240	90	0,49	1	3	–	–
	2	18–35	120						
	3	18–35	120						
	4	90	120						
	1	18–35	15	100	0,7	2	2	2,95	2,89
	2	18–35	15						
	3	18–35	15						
	4	90	120						
176: грунтовка ВЛ-02 (1 слой) + грунтовка АК-070 (2 слой) + эмаль АС-1115	1	18–35	30	90	0,7	2	2	–	–
	2	18–35	30						
	3	18–35	30						
	4	90	120						
(3 слой) + эмаль АС-1115 (4 слой)	1	18–35	90	100	0,65	2	2	2,93	3,58
	2	18–35	90						
	3	18–35	120						
	4	90	120						

По результатам проведенных исследований установлено, что свойства покрытий, полученных методом «сырой по сырому», практически не отличаются от свойств покрытий, полученных традиционными методами, при условии горячей сушки последнего слоя. При холодной сушке последнего слоя покрытия твердость пленки даже после выдержки в течение 20 сут ниже, чем у покрытий, полученных по серийной технологии, что может быть объяснено различными условиями формирования покрытия при большой толщине и развитой шероховатостью покрытия [14].

Электрохимические исследования показали, что свойства покрытий, нанесенных методом «сырой по сырому», и покрытий, полученных по серийной технологии, аналогичны по защитным свойствам. Исключение составляли системы ЛКП на основе эмали ХВ-16 с межслойной сушкой по 5 мин.

Нанесение покрытий методом «сырой по сырому» позволяет значительно сократить технологический цикл окраски и обеспечить экономию электроэнергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение 1978. 295 с.
2. 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.
3. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий / Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. С. 152–158.
4. 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.

5. 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.
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. 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.
8. 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.
9. Бузник В.М. Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 29–34.
10. 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.
11. Кондрашов Э.К. Сверхтонкие взаимодействия и диффузия в полимерах. М.: Спутник. 2004. 77 с.
12. 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.
13. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 231–242.
14. 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.

#### REFERENS LIST

1. Chebotarevskij V.V., Kondrashov Je.K. Tehnologija lakokrasochnyh pokrytij v mashinostroenii [Technology of paint and varnish coverings in mechanical engineering]. М.: Mashinostroenie 1978. 295 s.
2. 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 spravochnik. 2012. №5. S. 49–54.
3. Istorija aviacionnogo materialovedenija: VIAM – 75 let poiska, tvorcestva, otkrytij [History of aviation materials science: VIAM – 75 years of search, creativity, opening] /Pod obshh. red. E.N. Kablova. М.: Nauka. 2007. S. 152–158.
4. Kablov E.N. Strategicheskie napravlenija razvitija materialov i tehnologij ih pererabotki na period do 2030 goda [The strategic directions of development of materials and technologies of their processing for the period till 2030] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 7–17.
5. Semenova L.V., Malova N.E., Kuznecova V.A., Pozhoga A.A. Lakokrasochnye materialy i pokrytija [Paintwork materials and coverings] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 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 operational, technical and ecological characteristics on paint and varnish coverings for the aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2010. T. LIV. №1. S. 96–102.
7. Bejder Je.Ja., Donskoj A.A., Zhelezina G.F., Kondrashov Je.K., Sytyj Ju.V., Surnin E.G. Opyt primenenija ftorpolimernyh materialov v aviacionnoj tehnikе [Experience of application of polymericfluorine materials in the aircraft equipment] //Rossijskij himicheskij zhurnal. 2008. T. LII. №3. S. 30–44.
8. Kondrashov Je.K., Kozlova A.A., Malova N.E. Issledovanie kinetiki otverzhdenija ftorpoliuretanovyh jemalej alifaticheskimi poliizocianatami razlichnyh tipov [Research of kinetics of an cur-

- ing fluoro-polyuretane enamels aliphatic polyisocyanates of various types] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 48–49.
9. Buznik V.M. Sverhgidrofobnye materialy na osnove ftorpolimerov [Superhydrophobic materials on the basis of fluoropolymer] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2013. №1. S. 29–34.
  10. Semenova L.V., Kondrashov Je.K. Modificirovannyj bromjepoksidnyj lak VL-18 dlja zashhity polimernyh kompozicionnyh materialov [The modified bromine-epoxy varnish of VL-18 for protection of polymeric composite materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №1. S. 29–32.
  11. Kondrashov Je.K. Sverhtonkie vzaimodejstvija i diffuzija v polimerah [Superthin interactions and diffusion in polymers]. M.: Sputnik. 2004. 77 s.
  12. Nefedov N.I., Semenova L.V. Tendencii razvitija v oblasti konformnyh pokrytij dlja vlagozashhity i jelektroizoljaciji plat pechatnogo montazha i jelementov radio-jelektronnoj 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.
  13. Grashhenkov D.V., Chursova L.V. Strategija razvitija kompozicionnyh i funkcional'nyh materialov [Strategy of development of composite and functional materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №S. S. 231–242.
  14. Semenova L.V., Rodina N.D., Nefedov N.I. Vlijanie sherohovatosti sistem lakokrasochnyh pokrytij na jekspluacionnye 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.