

Л.В. СЕМЕНОВА, Н.Е. МАЛОВА,
В.А. КУЗНЕЦОВА, А.А. ПОЖОГА

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПОКРЫТИЯ

За годы работы лаборатории «Лакокрасочных материалов и покрытий» разработаны, паспортизованы и внедрены в производство несколько сотен лакокрасочных материалов для защиты изделий авиационной и некоторых изделий ракетно-космической техники.

В настоящее время разработаны лакокрасочные покрытия, снижающие оптическую контрастность в видимом и ИК диапазонах длин волн, с термостойкостью до 600°C, стойких к УФ излучению.

К значительным достижениям последних лет следует отнести разработку *атмосферостойких эмалей* ВЭ-69 (Л.В. Семенова) и ВЭ-69К на основе фторполиуретанового пленкообразующего (Э.К. Кондрашов, Н.Е. Малова). Фторполиуретановая эмаль ВЭ-69 и системы лакокрасочных покрытий на основе грунтовок ЭП-0215, ЭП-0215М и ВГ-28 исследованы в сравнении с покрытиями на основе эпоксидных, полиуретановых, акрилуретановых материалов в исходном состоянии и после эксплуатации. Системы покрытий на основе 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 (1400 вместо 1200 г), по атмосферостойкости (потеря блеска 5% вместо 12–25%); они более грибостойкие (балл 1–2 вместо 3) и обеспечивают защиту от коррозии алюминиевых, магниевых сплавов и сталей (в течение 3600 ч в камере солевого тумана). По защитным свойствам эти системы превосходят серийную систему покрытий на основе эпоксидной эмали ЭП-140. Разработанные системы покрытий рекомендуются для обеспечения антикоррозионной защиты конструкций, для которых требуется длительная защита от факторов внешней среды и агрессивных жидкостей (рис. 1), а также для защиты от атмосферных воздействий полимерных композиционных материалов (ПКМ) в транспортном машиностроении, химической, авиационной промышленности, судостроении и строительстве [1].

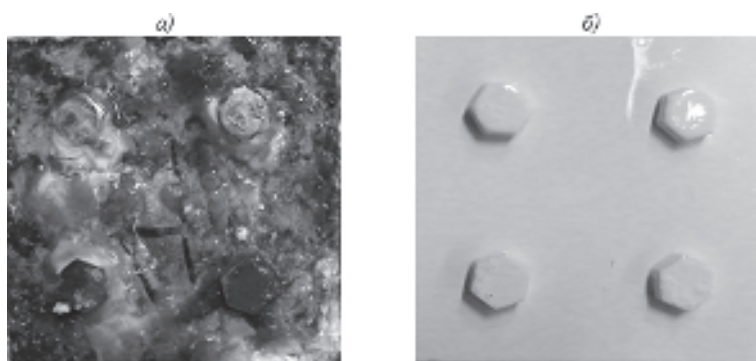


Рис. 1. Внешний вид образцов из алюминий-углепластика после экспозиции в камере солевого тумана в течение 3000 ч без защиты (а) и с комплексной защитой (б), включающей неорганические покрытия, разделительные слои и ЛКП на основе эмали ВЭ-69

Фторполиуретановая камуфлирующая эмаль ВЭ-69К семи цветов (Э.К. Кондрашов, Н.Е. Малова) рекомендуются для камуфлирующей окраски внешней поверхности изделий ВВСТ с целью обеспечения требуемых оптических и декоративных характеристик, а также для защиты металлических и полимерных композиционных материалов от разрушающего воздействия окружающей среды. Системы покрытий на основе фторполиуретановой эмали ВЭ-69К в 3–5 раз превосходят по атмосферостойкости штатную акриловую камуфлирующую эмаль АК-5178М и импортные полиуретановые камуфлирующие эмали фирмы «АКЗО-Нобель». Эмали марки ВЭ-69К семи цветов являются глубоко матовыми (блеск <3 усл. ед.), грибостойкими; стойки к действию агрессивных сред, топлив, синтетических и минеральных масел, средствам ЗД (дегазации, дезактивации и дезинфекции), устойчивы к перепадам температур от –60 до +135°С. Также фторполиуретановые камуфлирующие эмали ВЭ-69К семи цветов обладают повышенной УФ и атмосферостойкостью. Стойкость к воздействию УФ излучения и атмосферостойкость оценивались в процессе испытания в аппарате искусственной погоды «ATLAS-UVCON» в течение 1000 ч (1 цикл: 4 ч – облучение лампой UVB-313 при температуре +70°С; 4 ч – конденсация влаги при температуре +40°С).

Установлена значительно более высокая стабильность оптических свойств отечественных фторполиуретановых эмалей по сравнению с импортными. Спектральные отражательные характеристики (СКО) систем ЛКП на основе эмали ВЭ-69К в диапазоне длин волн 0,4–1,1 мкм и координаты цвета X , Y , Z до и после испытаний в климатических зонах (г. Сочи, г. Геленджик и г. Москва) соответствуют заданным максимальным и минимальным значениям СКО.

Разработано **теплоотражающее лакокрасочное покрытие холодного отверждения** – эмаль ВЭ-72 (Э.К. Кондрашов, Н.Е. Малова) на основе полиуретанового сополимера и алюминиевой пасты с высокими показателями по степени отражения, которая на тканепленочном материале на основе высокопрочного арамидного волокна СВМ выдерживает воздействие теплового излучения 1,7 Вт/см² в течение >30 мин, что значительно превышает по стойкости зарубежный аналог фирмы «SFO-3305-4» (40 с). Исследованы свойства теплоотражающего покрытия (эмаль ВЭ-72): эластичность на тканепленочном материале СВМ: 1 мм (ГОСТ 6806), адгезия (исходная и после выдержки в дистиллированной воде в течение 10 сут) равна 1 баллу (ГОСТ 15140–78), отражательная способность (R_s) не менее 0,80 (фотометр ФМ-59), блеск: 82–95 усл. ед. (блескомер Picogloss 560 (угол замера 60 град) и >95% – блескомер ФБ-2 (угол замера 45 град). Теплоотражающее покрытие может быть использовано при изготовлении тканепленочного материала надувных трапов самолетов гражданской авиации, а также спасательных плотов, дирижаблей, надувных ангаров, теплоотражающих экранов, щитов и одежды для пожарных, состоящих из герметичного эластичного материала на основе тканей (капрон, нейлон, лавсан).

Также необходимо отметить важнейшую разработку в области защиты сварных нахлесточных соединений (точечная электросварка) различных металлов во всеклиматических условиях, а также при нанесении гальванопокрытий – **антикоррозионные сварочные составы ПСП-2М и КСП-2АК** (Э.К. Кондрашов, Н.Е. Малова).

К защите от коррозии сварных соединений (конструкций) из различных типов металлов и сплавов предъявляются жесткие требования, так как при технологическом цикле изготовления узлов, выполняемых точечной электросваркой (ТЭС – рис. 2), при проведении последующих технологических операций (например, гальванопокрытия), а также в процессе хранения и эксплуатации изделия в различных климатических зонах возможно попадание влаги или электролита в сварной нахлест, образование и последующее развитие коррозии (как известно, в замкнутом контуре процессы коррозии развиваются с большей скоростью).

Ранее применяемые для этой цели лакокрасочные материалы (грунтовки, шпатлевки, герметики, клеи) не удовлетворяют по многим параметрам. Так, защита сварных швов по контуру (после сварки) с помощью герметиков или шпатлевок приводила либо к нарушению защитного слоя в виде сколов и трещин, либо к слабой адгезии к наружному лакокрасочному покрытию. При защите внутреннего нахлеста (перед сварочными работами) с помощью грунтовок, эмалей или клеев также имели место ряд отрицательных моментов: ограниченная жизнеспособность, содержание растворителей (до 80%), жесткая система после высыхания, приводящая к растрескиванию при циклических нагрузках.

Разработанные специалистами ВИАМ антикоррозионные сварочные составы ПСП-2М, КСП-2АК, КСП-2 удовлетворяют всем требованиям сварочного производства: электропроводны, сохраняют эластичность после отверждения и позволяют проводить сварочный процесс без снижения прочностных характеристик сварного соединения, не содержат летучих компонентов. Жизнеспособность составов (паста + отвердитель) составляет не менее 24 ч.

Состав ПСП-2М с термостойкостью до 150°C (длительно) предназначен в основном для защиты алюминия. Термостойкость составов КСП-2 и КСП-2АК составляет 250°C (длительно).

Применение антикоррозионных сварочных составов позволяет:

- повысить ресурс изделий не менее чем в 25 раз вследствие увеличения коррозионной стойкости сварных конструкций различных металлов в различных климатических зонах. Это подтверждено многочисленными испытаниями в течение 3 лет в районах с умеренным теплым и приморским климатом (г. Геленджик, г. Сочи), а также при ускоренных испытаниях в камере солевого тумана (3 мес и более – рис. 3 и 4);



Рис. 2. Схема проведения точечной сварки при соединении внахлест



Рис. 3. Защитные свойства составов ПСП-2 и ПСП-2М

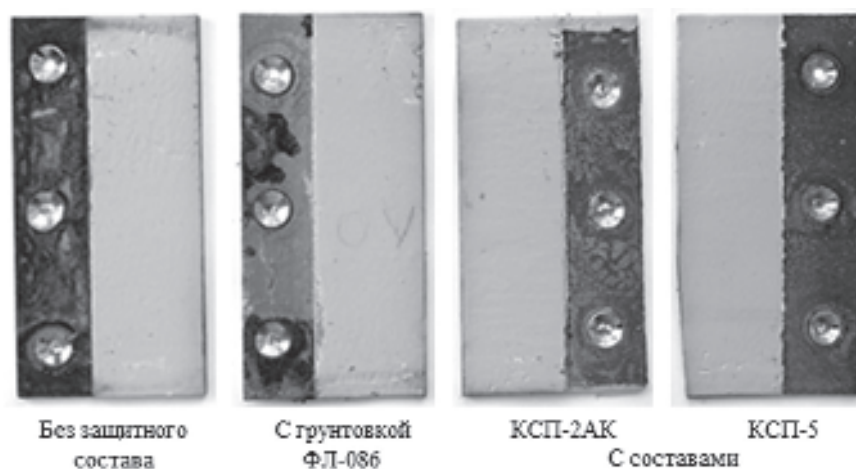


Рис. 4. Внешний вид рассверленных образцов из стали 30XGCH2A без защиты и с различной защитой после испытаний на климатической станции ВИАМ (г. Москва)

- наносить гальванические покрытия на сварные конструкции (при других методах защиты сварного зазора это недопустимо);
- повысить вибрационную прочность сварных конструкций в 4–5 раз по сравнению с клеесварными конструкциями или сварными конструкциями из металла без дополнительной защиты.

В лаборатории ведутся работы по применению *наноразмерных частиц в лакокрасочных материалах* (Э.К. Кондрашов, Н.П. Веренинова, А.А. Пожого).

Изготовлены опытные образцы камуфлирующих эмалей семи цветов с различным содержанием углеродных наночастиц с привитыми изоцианатными группами (синтезированы в ИПХФ РАН), а также с фторсодержащими алифатическими полиизоцианатами и исследованы их оптические, технологические и адгезионные свойства в системе с грунтовками. Результаты исследования показали, что применение нанотрубок существенно (не менее чем в 2 раза) повышает когезионную прочность покрытий, а применение фуллеренов с привитыми изоцианатными группами позволяет в несколько раз снизить продолжительность высыхания покрытий до степени 3 (со 120 до 15 мин), что обнаружено впервые. Применение функционализированных углеродных наночастиц не выявило их значительного влияния на адгезию фторполиуретановых покрытий вследствие их высокой собственной адгезии. Применение фторсодержащих алифатических полиизоцианатов позволяет в 4 раза сократить продолжительность сушки фторполиуретановых покрытий без изменения их оптических, адгезионных и физико-механических свойств. Распределение нанотрубок в покрытии показано на рис. 5.

С помощью планетарной мельницы были получены антикоррозионные пигменты, содержащие наноразмерные частицы: фосфат цинка и противокоррозионный пигмент «Фосмет». Для получения наноразмерных частиц бората бария данный способ не подходит, так как механический помол твердого вещества имеет свои пределы – с его помощью нельзя получить частицы мельче субмикронных, даже значительно увели-

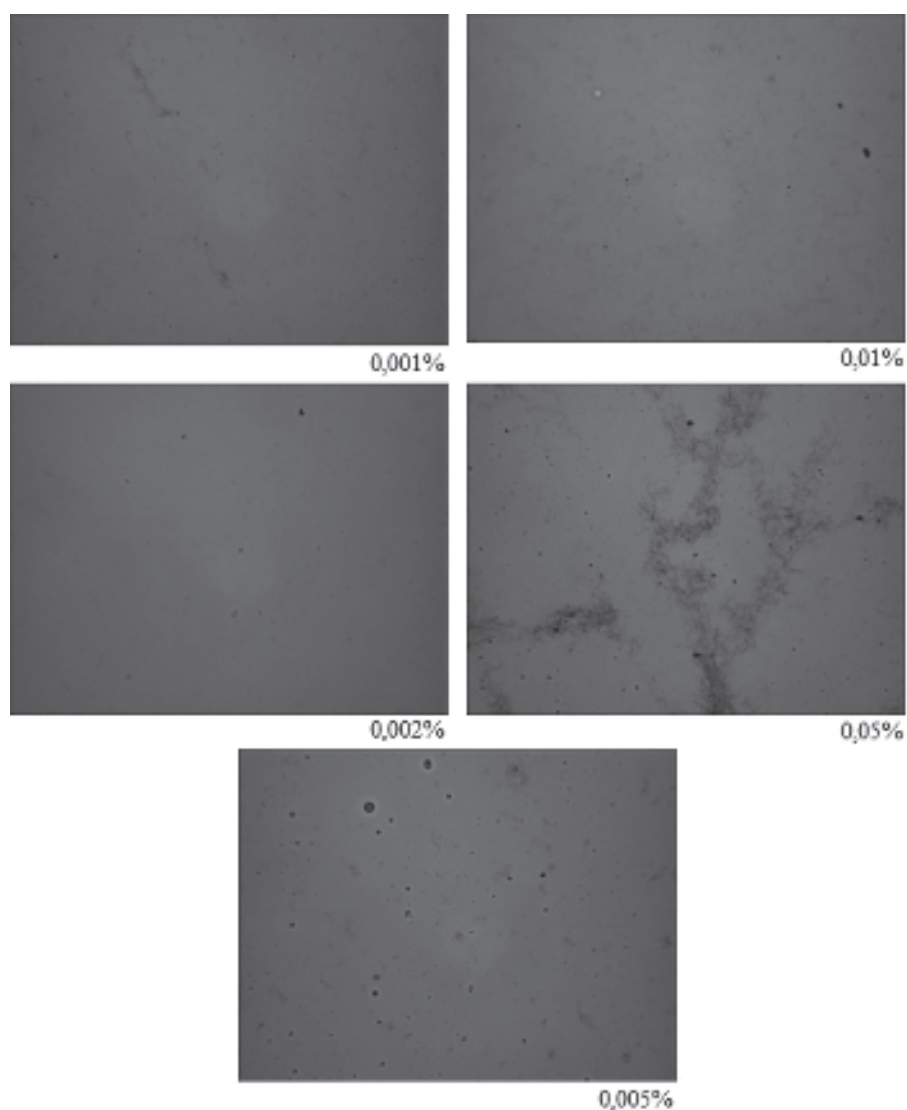


Рис. 5. Распределение нанотрубок (НТ) в покрытии

чив длительность и мощность измельчения. Здесь требуются другие, более тонкие методы и технологии, а значит, лакокрасочные материалы с использованием наночастиц будут несколько дороже других.

Оценка эффективности использования наноматериалов проводилась путем сопоставления защитных свойств покрытий (с различным содержанием наномодификаторов) с продолжительностью выдержки в камере солевого тумана. Получен положительный результат по одному из пигментов – антикоррозионному пигменту «Фосмет», который предполагается использовать с некоторым содержанием наноразмерной фракции в количестве, меньшем чем у пигмента с исходным размером частиц.

Основной проблемой при введении наночастиц в систему полимерных пленкообразующих веществ является их плохая совместимость, склонность к агрегации наночастиц, поэтому работу по выявлению наиболее подходящего способа получения и введения наночастиц в пленкообразующее в дальнейшем следует продолжить. Необходимо добиться равномерного распределения наночастиц в лакокрасочном материале без образования агломератов.

Одним из перспективных направлений в области создания авиационной техники нового поколения является обеспечение самолетов силовыми установками на основе винтовентиляторных двигателей. Покрытия, применяемые для защиты лопастей, должны быть устойчивы к эрозии, воздействию влаги, ультрафиолетовой радиации.

Ранее проведенными работами показано, что эрозионная стойкость покрытий в значительной степени зависит от прочностных характеристик (σ_p) полимерной матрицы. Наполнители сферической макроструктуры (TiO_2 , ZnO , SiO_2 и др.), традиционно применяемые в качестве наполнителей в лакокрасочных покрытиях, практически не повышают прочности полимерной матрицы, но в то же время значительно увеличивают ее жесткость. Использование в качестве наполнителя нитевидных кристаллов оксида цинка, которые имеют пространственную макроструктуру

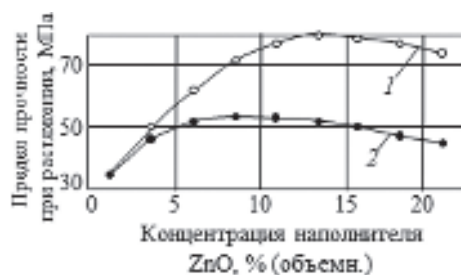


Рис. 6. Влияние формы и концентрации наполнителя ZnO (1) на прочностные характеристики полимерной матрицы (2 – без наполнителя)

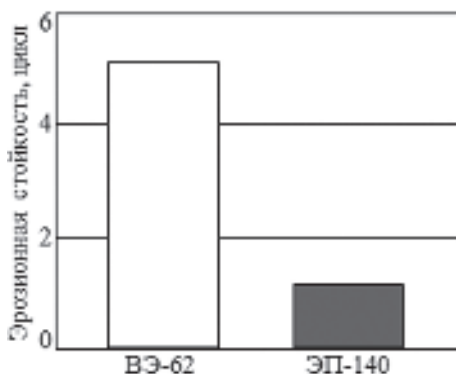


Рис. 7. Эрозионная стойкость покрытий

осей тетраэдра до 10–12% (объемн.), позволяет существенно повысить прочность полимерной матрицы, что, в свою очередь, приводит к повышению эрозионной стойкости покрытия (рис. 6).

С применением армирующего наполнителя разработана *эрозионно-стойкая атмосферостойкая эмаль ВЭ-62* (В.А. Кузнецова) на основе отечественного полиуретанового пленкообразующего, а также система покрытий на ее основе для защиты лопастей винтовентиляторов. На рис. 7 приведены результаты, полученные при определении эрозионной стойкости покрытия ВЭ-62 в сравнении с серийным покрытием ЭП-140 на установке центробежного типа «Тайфун». Видно, что покрытие ВЭ-62 по эрозионной стойкости в 5 раз превосходит покрытие на основе эмали ЭП-140.

Основными факторами, вызывающими старение покрытий, которые эксплуатируются в условиях воздействия атмосферы, является солнечная радиация (ультрафиолетовая часть спектра), влага, кислород воздуха.

Ускоренные испытания покрытия на основе эмали ВЭ-62 в аппарате искусственной погоды «Атлас» показали, что воздействие УФ радиации существенно влияет на эрозионную стойкость покрытий (рис. 8, а).

Фотодеградация покрытия на основе эмали ЭП-140 под действием солнечной радиации в течение 500 ч испытаний приводит к снижению эрозионной стойкости, а также к ухудшению декоративных характеристик покрытия (рис. 8, б), снижению блеска покрытия на 96%. При этом наблюдается меление покрытия ЭП-140. Для матового покрытия на основе эмали ВЭ-62 при тех же условиях испытаний значительного ухудшения декоративных свойств не наблюдается: снижение блеска – на 16–18%, меление отсутствует, эрозионная стойкость сохраняется на достаточно высоком уровне (3,5 цикла).

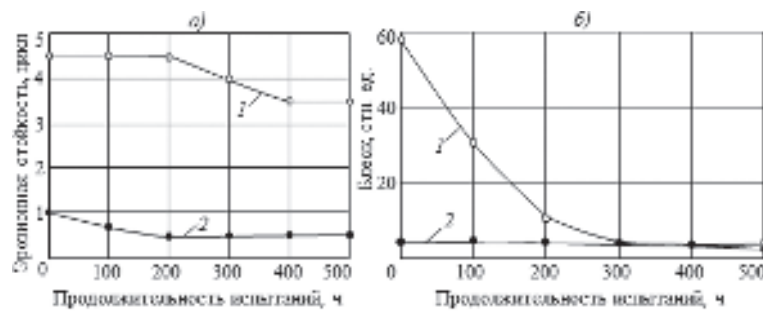


Рис. 8. Кинетика изменения эрозионной стойкости (а) и блеска (б) покрытий на основе эмалей ВЭ-62 (1) и ЭП-140 (2) после испытаний в аппарате «Атлас»

Покрытие на основе эмали ВЭ-62 превосходит серийно применяемую эмаль ЭП-140 по устойчивости к абразивной эрозии в 4,5–5 раз, по атмосферостойкости – в 5 раз.

Покрытие на основе эмали ВЭ-62 обладает высоким комплексом аэродинамических характеристик и декоративных свойств и предназначено для защиты лопастей из композиционных материалов винтовентиляторных двигателей.

Технические характеристики эмали ВЭ-62:

Вязкость рабочая по вискозиметру ВЗ-246 (сопло 4 мм)	
при $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$, с.	15–20
Продолжительность высыхания при толщине слоя 15–20 мкм	
до степени 3, ч (не более).	24
Жизнеспособность двухкомпонентной системы, ч.	5.

Свойства покрытия ВЭ-62:

Эластичность (исходная), мм	1
Твердость пленки, отн. ед. (по прибору М-3)	0,6
Прочность при ударе по прибору У-1, Дж	5
Адгезия к композиционному материалу (метод решетчатых надрезов), балл	1
Эрозионная стойкость, цикл.	4–5.

Эрозионностойкое покрытие ВЭ-66 предназначено для защиты широкохордных лопаток из ПКМ. Для обеспечения работоспособности широкохордных лопаток из углепластика в условиях воздействия воздушного потока, содержащего абразивные частицы, необходимо применение

высокоэффективных эрозионнстойких покрытий с высокой адгезией к углепластику, так как углепластики обладают недостаточной эрозионной стойкостью.

На основе модифицированных эпоксидных олигомеров, с применением армирующего наполнителя (нитевидных кристаллов оксида цинка) разработана *эрозионнстойкая эмаль ВЭ-66* (В.А. Кузнецова), которая предназначена для защиты широкохордных лопаток из ПКМ при температуре эксплуатации 150°C.

Одним из основных требований, обеспечивающих работоспособность покрытия для лопаток, является, с одной стороны, толщина покрытия, с другой – его эластичность, поскольку при эксплуатации широкохордные лопатки подвергаются значительным знакопеременным нагрузкам (рис. 9).

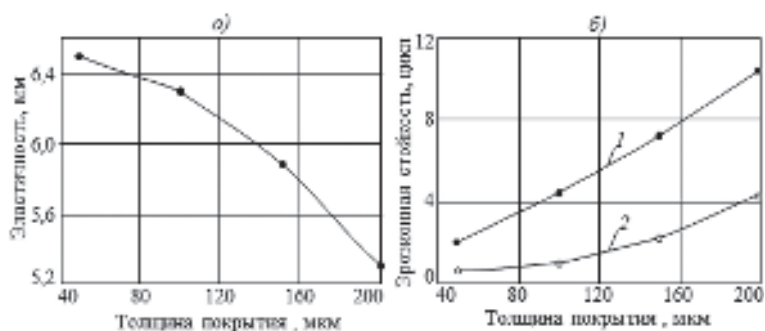


Рис. 9. Влияние толщины покрытия ВЭ-66 на его эластичность (а) и эрозионную стойкость (б) при температуре испытаний 20 (1) и 150°C (2)

С увеличением толщины покрытия происходит повышение его эрозионной стойкости и монотонное снижение эластичности, что связано с повышением внутренних напряжений при формировании покрытия, которые зависят от толщины покрытия. Эрозионная стойкость нелинейно растет с увеличением толщины покрытия, причем как скорость роста, так и абсолютные значения эрозионной стойкости сильно зависят от температуры испытаний: повышение температуры испытаний до 150°C приводит к снижению эрозионной стойкости. Оптимальной толщиной покрытия ВЭ-66 является 130–160 мкм, при которой сохраняются достаточно высокая эластичность и эрозионная стойкость. Покрытие на основе эмали ВЭ-66 обеспечивает защиту широкохордных лопаток из углепластика КМУ-7 от воздействия факторов внешней среды (эрозия, влага и др.).

Одним из наиболее важных требований к покрытиям для внутренних поверхностей элементов конструкций топливных кессон-баков является их длительная топливо- и водостойкость при температурах эксплуатации и сохранение их защитных свойств на весь период эксплуатации изделия. Разработана *топливостойкая бесхроматная грунтовка ВГ-36* (В.А. Кузнецова), для создания которой исследованы модифицированные эпоксидные олигомеры. Для оптимизации состава топливостойкой бесхроматной грунтовки использован метод сканирующей электронной микроскопии, который позволил выбрать основные компоненты грунтовки, в том числе отвердитель.

Исследования фазовых структур грунтовочных покрытий ВГ-36 на основе модифицированных эпоксидных олигомеров, отвержденных отвер-

дителями АСОТ-2 и ПО-200, показали, что фазовая структура наполненных покрытий на основе эпоксидного олигомера Э-41, модифицированного тиоколом 1 и лапроксидом АФ, при отверждении АСОТ-2 характеризуется наибольшей однородностью, в которой практически отсутствует пористость.

Такое покрытие обладает высокой водо- и топливостойкостью (см. таблицу). Фазовая структура покрытия ВГ-36, отвержденного отвердителем ПО-200, характеризуется высокой пористостью и неоднородностью. Зависимости водопоглощения и топливонабухаемости покрытий представлены на рис. 10.

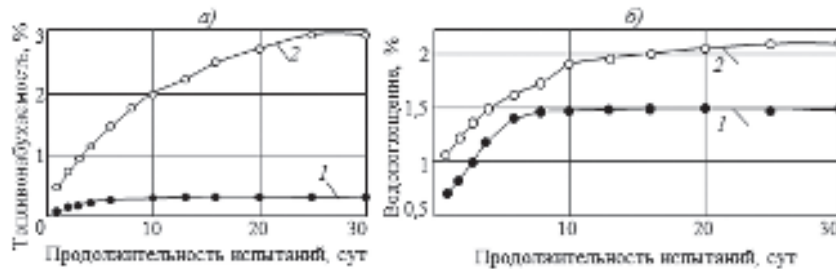


Рис. 10. Кинетика топливонабухаемости (а) и водопоглощения (б) бесхроматной грунтвки с отвердителями АСОТ-2 (1) и ПО-200 (2)

Покрытия на основе бесхроматных грунтовок предназначены для защиты кессон-баков и внешней обшивки элементов конструкций из ПКМ самолета МС-21.

Развитие авиационной техники на современном этапе предъявляет особые требования к качеству и внешнему виду лакокрасочных покрытий, применяемых для защиты и декоративной отделки элементов кабины и панелей приборов. Простейший способ – изменение объемной концентрации пигментов, однако при этом могут ухудшаться физико-механические и химические свойства покрытий. Наличие структурных преобразований в пленках, полученных из растворов полимеров в термодинамически «плохих» растворителях, снижает блеск покрытий.

Свойства топливостойкой бесхроматной грунтвки ВГ-36

Свойства	Средние значения свойств грунтовок		
	бесхроматной ВГ-36	хроматной ЭП-0215	зарубежной S15/60
Адгезия к ПКМ, балл	1	2	1
Топливонабухаемость, %	0,24	3,8	7,0
Водопоглощение, %	1,39	2,10	2,0
Прочность при ударе, Дж	5,0	5,0	5,0
Эластичность при изгибе, мм:			
в исходном состоянии	1	2	1
после термоциклирования (ЛП-14)	2	3	–
после выдержки в течение 2000 ч	2	3	–
в топливе при 80°C			

Другим широко распространенным приемом получения матовых покрытий является введение матирующих добавок. Матирующие добавки могут быть всплывающими (стеараты металлов) и наполняющими (например, различные модификации кремниевой кислоты, кремнеземы и др.). Применяют также в качестве матирующих добавок в покрытиях органические соединения, например, пигментированные шарики на основе мочевино- и фенолформальдегидного олигомера.

Одним из способов получения матовых покрытий является создание в пленках микропустот, соизмеримых с длиной волны падающего света, что приводит к увеличению диффузного рассеяния и придает покрытиям белизну. Для получения таких покрытий необходимо использовать различные технологические приемы, например, способ микрорасслаивания полимерного раствора с образованием ячеистой конденсационной структуры.

Следует отметить, что применение различных наполнителей, снижающих блеск покрытия, может приводить к снижению физико-механических и адгезионных характеристик, а также влагостойкости покрытий. Поэтому для достижения необходимых оптических характеристик особое внимание следует уделять выбору полимерной матрицы (пленкообразующего), позволяющей получить матовое покрытие при относительно невысокой степени наполнения, при которой покрытие сохраняет твердость, а также физико-механические и адгезионные характеристики.

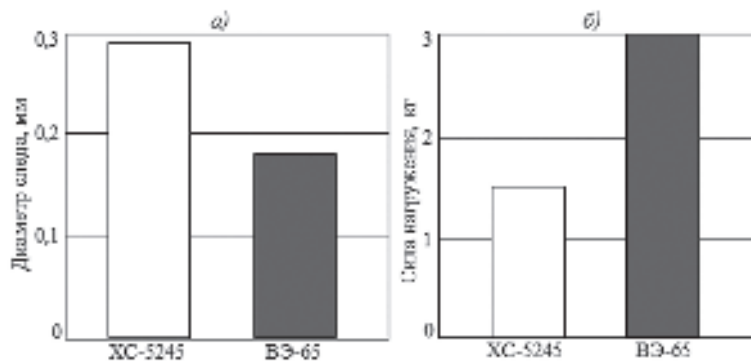


Рис. 11. Твердость покрытий (по ISO 02815) при силе нагружения 1,5 кг (а) и устойчивость покрытий к царапанью (по ISO 1518) (б)

В качестве связующего при разработке покрытия эмали ВЭ-65М (В.А. Кузнецова) для защиты элементов кабины и приборных панелей был выбран *акриловый сополимер, модифицированный эпоксидным олигомером*. При отверждении такой термодинамически неустойчивой системы образуется «сетка в сетке», которая обладает высокими адгезионными и физико-механическими свойствами, достаточно высокой твердостью.

Твердость разработанного покрытия на основе эмали ВЭ-65, определяемая при силе нагружения индентора $F = 1,5$ кг, на 30% выше, чем твердость покрытия XC-5245 (рис. 11, а). Покрытие на основе эмали ВЭ-65 более стойко к задиру (царапанью), чем серийное покрытие XC-5245, а следовательно, более износостойкое, менее повреждаемое при механических воздействиях (рис. 11, б).

Разработанное матовое покрытие ВЭ-65 характеризуется более высокими декоративными свойствами – невысоким коэффициентом зеркаль-

ного отражения (блеском): 2,8–3,0 усл. ед. (по ISO 2813), более высокой твердостью – на 20% выше, чем у эмали ХС-5245 (по ISO 02815) и в 2 раза более высокой стойкостью к задиру по сравнению с эмалью ХС-5245. На основе эмали ВЭ-65 разработана система покрытий, обеспечивающая высокий уровень адгезионных, физико-механических, декоративных и защитных свойств, которая может применяться для окраски элементов кабины и панелей приборов гидросамолетов.

Сравнительные свойства покрытий:

	Средние значения свойств эмалей	
	ВЭ-65	ХС-5245
Адгезия к ПКМ, балл.	1	1–2
Твердость, отн. ед. (по прибору М-3)	0,65	0,48
Блеск, усл. ед.	3,0	5,5
Прочность при ударе, Дж	5,0	4,5
Эластичность при растяжении, мм.	5,3	5,6.

Для защиты ПКМ от воздействия влаги разработан лак ВЛ-18 (Л.В. Семенова) на основе *галоидированного эпоксидного олигомера*, который обладает исключительно высокими влагозащитными свойствами и, по мнению авторов, может быть использован для защиты в том числе печатных плат вместо лаков ЭП-730, УР-231 и ЭП-9114 [2–4].

В настоящее время для декоративно-защитной окраски деталей интерьера применяется *органоразбавляемая фторэпоксисилановая эмаль ВЭ-46* (Т.А. Лебедева).

В связи с возрастанием требований к охране окружающей среды все большее значение приобретают экологически безопасные водоразбавляемые материалы (эмаль и системы покрытия на ее основе), предназначенные для защитно-декоративной окраски деталей интерьера, изготовленных из стеклопластика, производство которых не связано с использованием токсичных и пожароопасных органических веществ. Кроме того, данные материалы практически не имеют запаха, легко наносятся на поверхность всеми традиционными способами, быстро высыхают, причем процесс формирования пленки сопровождается лишь испарением воды.

Применение водоразбавляемых материалов на основе акриловых сополимеров в настоящий момент является более целесообразным, так как наряду с хорошей пленкообразующей способностью данные латексы по комплексу эксплуатационных свойств сравнимы с органоразбавляемыми материалами. Высокие физико-механические, адгезионные и защитно-декоративные свойства данных покрытий удовлетворяют требованиям к лакокрасочному покрытию для окраски деталей интерьера, изготовленных из стеклопластика.

В качестве связующего при разработке покрытия для защиты деталей интерьера была выбрана отечественная водная композиция на основе акрилового сополимера ОЛД-04С. В качестве пигмента для белого цвета эмали выбраны титановые белила, в качестве наполнителя – микротальк. Титановые белила и микротальк диспергировались в сополимере в соотношении по массе «сополимер : пигменты + наполнители»: 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3. После чего композиции наносили на стеклопластик и определяли влагопоглощение при $\varphi = (95 \pm 2)\%$ в течение 30 сут.

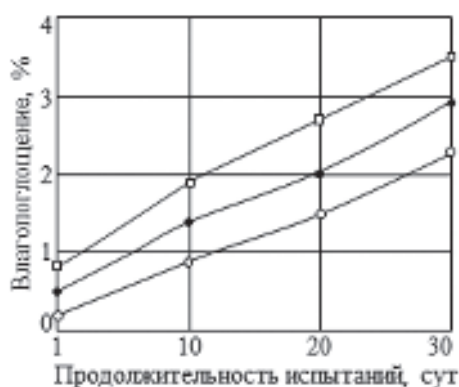


Рис. 12. Зависимость влагопоглощения покрытий на основе эмали ВЭ-67 от продолжительности испытаний и величины наполнения «сополимер : пигмент + наполнитель» в соотношении 1 : 1 (o), 1 : 2 (●), 1 : 3 (□)

что влагопоглощение эмали ВЭ-67 не превышает 40 г/м^2 , что является хорошим показателем для водных композиций.

Исследованы адгезионные свойства покрытия на основе водоразбавляемой эмали к стеклопластику в исходном состоянии и после воздействия влаги (выдержка при $\phi = 95 \pm 2\%$ в течение 10 сут), воды (выдержка в воде в течение 10 сут) и температуры (80°C в течение 500 ч), перепада температур по циклу ЛИ-14 (ММ 1.05-15-133-2002) в течение 10 циклов. Адгезия покрытия на основе эмали ВЭ-67 после всех испытаний составляет 1 балл.

Исследовано влияние перепада температур по циклу ЛИ-14 и термостарения на цветовые характеристики эмали ВЭ-67 бежевого, серо-голубого и голубого цвета. Цветовое различие исходных образцов и образцов

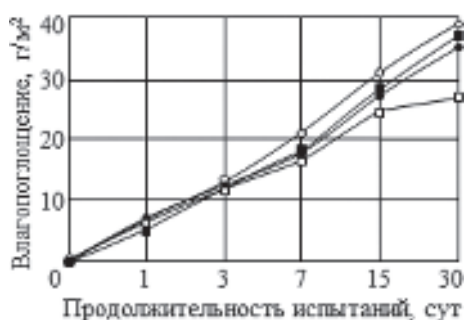


Рис. 13. Влагопоглощение в течение 30 сут покрытий на основе эмали ВЭ-67 бежевого (o), серо-голубого (●) и голубого цвета (□), а также стеклопластика без покрытия (■)

Чем выше наполнение, тем хуже влагозащитные свойства покрытия (рис. 12), поэтому это учитывалось при разработке рецептуры водоразбавляемой эмали. Выбрано оптимальное соотношение «сополимер : пигменты + наполнители», равное 1 : 1,5, так как при соотношении 1 : 1 эмаль обладает недостаточной укрывистостью [5].

Водоразбавляемой эмали присвоена марка ВЭ-67. Аналогичным образом разработаны рецептуры эмали ВЭ-67 серого, бежевого, голубого, серо-голубого и других цветов.

Исследовано влагопоглощение эмали ВЭ-67 бежевого, серо-голубого и голубого цветов, результаты представлены на рис. 13. Видно,

после испытаний составляет <2 , т.е. эмали практически не изменили цвет. Лакокрасочное покрытие на основе водоразбавляемой эмали ВЭ-67 бежевого, серо-голубого и голубого цветов было исследовано на соответствие нормам АП-25 по горючести, дымообразованию и тепловыделению. В результате испытаний установлено, что по горючести эмаль ВЭ-67 относится к классу II (самозатухающая), средняя продолжительность остаточного горения составляет 3 с; по дымообразованию эмаль ВЭ-67 относится к классу III (среднедымящая), показатель дымообразования $D_4 = 25$ ($D < 50$), тепловыделение эмали ВЭ-67 бежевого цвета со-

ставляет 15 кВт·мин, эмали ВЭ-67 серо-голубого цвета: 28 кВт·мин, эмали ВЭ-67 голубого цвета: 23 кВт·мин, что соответствует нормам АП-25.

Исследованы физико-механические свойства водоразбавляемой эмали ВЭ-67: эластичность пленки эмали при изгибе составила 1 мм (по прибору ШГ-1), стойкость к удару составила 2 Дж (по прибору У-1).

Твердость покрытий на основе цветных эмалей ВЭ-67 (по маятниковому прибору ТМЛ-2124) представлена на рис. 14. Видно, что отверждение лакокрасочной пленки происходит фактически в первые сутки.

В результате проведенных исследований разработана система покрытий на основе эмали ВЭ-67 для защиты деталей интерьера из стеклопластика. Разработанная водоразбавляемая эмаль ВЭ-67 может быть использована для защиты деталей интерьера, изготовленных из стеклопластика, в изделиях гражданской авиации. Разработки лаборатории находят широкое применение для защитно-декоративной окраски изделий авиационной техники различного назначения.

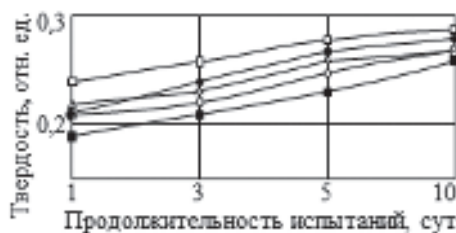


Рис. 14. Твердость покрытия на основе цветных эмалей ВЭ-67 после влагонасыщения в течение 10 сут белого (о), серого (●), голубого (□), серо-голубого (Δ) и бежевого цвета (■)

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Лебедева Т.А., Семенова Л.В. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники // Российский химический журнал. 2010. № 1. Т. LIV. С. 96–102.
2. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Авиационные лакокрасочные материалы и покрытия на рубеже XX–XXI вв. // Лакокрасочные материалы и их применение. 2002. № 6. С. 30–31.
3. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Модифицированный эпоксидный лак ВЛ-18 с высокими влагозащитными свойствами / В сб.: Авиационные материалы и технологии. Вып.: «Лакокрасочные материалы и покрытия». М. 2003. С. 16–19.
4. 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.
5. Скляр Н.М. Путь длиной в 70 лет – от древесины до суперматериалов / Под общей редакцией чл.-кор. РАН, проф. Е.Н. Каблова. М.: МИСиС – ВИАМ, 2002. С. 211–219.