

# ЧТО НЕОБХОДИМО ЗНАТЬ О ПРИМЕНЕНИИ ЦИНКНАПОЛНЕННЫХ ЛКМ

Общепризнано, что цинкнаполненные покрытия (ЦНП) занимают особое место среди антикоррозионных ЛКМ. Системы ПК на их основе способны обеспечить повышенную долговечность конструкций (10–25 лет) в широком диапазоне условий эксплуатации, а также служить альтернативой традиционным методам цинкования [1–4].

**Н. В. ГЕРТ,  
О. Ю. СУББОТИНА,  
Н. В. МЕНЬШИКОВА**

Научно-производственное предприятие «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП), г. Екатеринбург

НПП ВМП уже более 20 лет специализируется в области разработки и производства цинкнаполненных ЛКМ (ЦН ЛКМ), и сегодня ассортимент предприятия включает целый спектр таких материалов на различной полимерной основе: кремнийорганической, полиуретановой, эпоксидной и других, которые нашли широкое применение во многих отраслях промышленности.

Несмотря на то, что ЦН ЛКМ становятся все более популярными на российском рынке, и объемы их потребления ежегодно растут, специалистам действующей на ВМП службы технологического сопровождения приходится сталкиваться с повторяющимися специфическими проблемами и ошибками потребителей при их нанесении, обусловленными особенностями химического состава материалов этого класса.

Данная публикация является попыткой обобщить опыт нашего предприятия и зарубежных коллег [1–2, 5–10] по вопросу особенностей технологии нанесения наиболее распространенных типов ЦН ЛКМ – на органических полимерах и этилсиликатных связующих.

Основным отличием ЦН ЛКМ от ЛКМ других видов является высокое содержание порошка цинка, составляющее, как правило, 60–80 масс.%, а в ПК на их основе – 80–95 масс.%, что приближается к критическим концентрациям. Вытекающие отсюда особенности свойств этих материалов и связанные с ними возможные проблемы при нанесении представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что правильное



а)

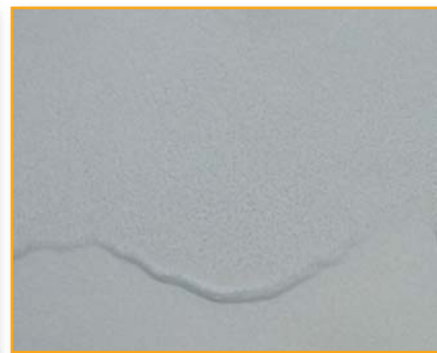


б)

**Рис. 1. Результат эксплуатации цинкнаполненного покрытия с прогнозируемым сроком службы более 15 лет при недопустимом снижении степени подготовки поверхности: а) исходное подготовка поверхности (остатки плотно сцепленной ржавчины и окалины); б) состояние покрытия после эксплуатации слабоагрессивной атмосфере в течение 5 лет.**



а)



б)

**Рис. 2. Дефекты цинкнаполненных покрытий, возникающие при нарушении технологии нанесения: а) бугристая, разнооттеночная поверхность вследствие дефекта «сухой факел»; б) потек.**

применение ЦН ЛКМ подразумевает наличие достаточно высокой культуры производства, определенного оборудования для подготовки поверхности и окраски, а также профессионализма персонала.

Кратко рассмотрим наиболее важные этапы нанесения ЦН ЛКМ.

## 1. Подготовка поверхности перед окраской.

Для максимальной реализации

защитных свойств ЦНП необходим хороший контакт цинкового пигмента со сталью, которому препятствуют остатки старых ПК, слои окалины и ржавчины и другие загрязнения [5]. Поэтому оптимальным способом подготовки поверхности перед нанесением ЦН ЛКМ является абразивоструйная обработка до степени Sa 2,5 по ИСО 8501-1:2007 или степени 2 по ГОСТ 9.402 с предварительным

Таблица 1

Особенности ЦН ЛКМ и их применения	
Особенности свойств ЦН ЛКМ	Возможные проблемы при использовании ЦН ЛКМ
Высокое содержание цинкового порошка с плотностью 7 г/см <sup>3</sup> при плотности полимерного связующего около 1 г/см <sup>3</sup>	Седиментационная неустойчивость, т.е. склонность к осаждению цинка и образованию осадков при хранении и нанесении
	Склонность к дефекту «сухой факел» при нанесении распылением, и, как следствие, к получению осыпающегося шероховатого разнооттеночного покрытия
Размер частиц цинка значительно больше, чем размер обычных лакокрасочных пигментов, и, в среднем составляет 4 – 8 мкм, встречаются и более крупные частицы	Склонность к засорению окрасочного оборудования
Плотность ЦН ЛКМ в среднем составляет 2-3 г/см <sup>3</sup> , что значительно превышает плотность обычных ЛКМ	Сложность перемешивания составов до однородного состояния вручную, требуются специальные мешалки
	Особые требования в оборудовании для нанесения (к краскораспылительному баку, для шланга, давлению и прочее)
Высокое содержание цинкового порошка в покрытии и, соответственно, низкое содержание в нем полимера	Невысокая адгезия к гладкой стальной поверхности. Оптимальная шероховатость поверхности R <sub>z</sub> = 30 – 50 мкм
	Сравнительная хрупкость покрытия, склонность к растрескиванию при больших толщинах
Катодный механизм защиты покрытий наиболее эффективно работает при непосредственном контакте частиц цинка со стальной поверхностью	Высокие требования к подготовке поверхности перед окраской. Соблюдение требований по чистоте и шероховатости
Морфология цинкнаполненных покрытий отличается от обычных лакокрасочных, ее характеризуют более высокая шероховатость и пористость	Явление «вскипания» при нанесении последующих лакокрасочных материалов, и как следствие появление пузырей, кратеров и булавочных проколов

удалением жировых и масляных загрязнений.

Рекомендуемая шероховатость создается использованием металлического песка или дробы, прокаленного кварцевого песка или других абразивных материалов с частицами размером 0,5-1,0 мм остроугольной формы, обеспечивающей оптимальный рельеф поверхности.

Минимальной допускаемой степенью очистки для ЦН ЛКМ на полимерной и этилсиликатной основе считается степень Sa 2 по ИСО 8501-1:2007 (Commercial Blast по SSPC SP-6/NACE №3.0 или 2 по ГОСТ 9.402-2004). Для обработки малых площадей или при ремонтах допускается подготовка поверхности до степени St3 по ИСО 8501-1:2007 (степень 3 по ГОСТ 9.402-2004, Power Tool Cleaning to Bare Metal по SSPC SP-11) [1, 5 – 8]. Наибольшую опасность для защитных свойств ЦНП представляет нанесение на поверхность с не уда-

ленной окалиной, в результате чего фактические сроки службы ПК снижаются в несколько раз (рис. 1).

В технической документации на ЦН ЛКМ производители обычно указывают требования к степени подготовки поверхности, однако при защите конкретного объекта рекомендуется обратиться к техническим специалистам производителя для уточнения минимально допустимой степени, т. к. для некоторых условий требуются более тщательная подготовка поверхности [5]. Общее правило такое: чем агрессивнее условия предполагаемой эксплуатации объекта и чем выше требования к сроку службы ПК, тем качественнее должна проводиться очистка поверхности.

Наш опыт показывает, что нарушение требований к подготовке поверхности является наиболее частой причиной получения дефектных ПК при нанесении и быстрой потери ими защитных свойств при эксплуатации.

Некачественная очистка не позволяет использовать высокий потенциал долговечности ЦНП, приводя к самым существенным, по сравнению с другими нарушениями технологии окраски, материальным потерям в виде затрат на преждевременный ремонт ПК.

## 2. Подготовка ЦН ЛКМ к нанесению.

**2.1. Смешивание двухкомпонентных составов.** Большинство ЦН ЛКМ представляют собой двухкомпонентные материалы. К ним относятся, например, весьма распространенные материалы на эпоксидной и этилсиликатной основах (в ассортименте ВМП это композиции ЦИНЭП и ЦВЭС, соответственно). Обычно компоненты уже расфасованы в требуемом соотношении и представляют комплект. Очень важно смешивать компоненты комплекта нацело и полностью, тщательно соблюдая рекомендуемую производителем последователь-

ность и продолжительность отдельных операций [8]. Ошибки в соотношении компонентов неизбежно приведут к возникновению внешних дефектов ПК и снижению их физико-механических и защитных свойств.

Если цинковый порошок упакован в отдельную тару, что часто встречается в этилсиликатных составах, то связующее сначала тщательно перемешивают с использованием скоростной мешалки. Затем цинковый порошок добавляют маленькими порциями к жидкой части при постоянном перемешивании с помощью мешалки. После добавления всего цинкового порошка состав необходимо перемешивать в течение, как минимум, пяти минут. Добавление цинкового порошка одной порцией испортит весь комплект, так как приведет к его окомкованию, частичному осаждению на дне тары, забиванию фильтров и сопел оборудования, а также к получению неоднородного покрытия.

**2.2. Перемешивание.** Высокая плотность цинкового порошка в сочетании с низкой плотностью полимерного связующего в ЦН ЛКМ обуславливает их седиментационную неустойчивость, т.е. склонность к осаждению цинка и образованию осадков, иногда весьма трудно размешиваемых. Как правило, производители стремятся сгладить эту проблему, вводя в рецептуры различные специальные добавки или фасуя цинковый пигмент отдельно от связующего. Поэтому перемешивание ЦН ЛКМ является одной из самых важных операций как перед окраской, так и в ее процессе.

Для перемешивания как одно – так и двухкомпонентных ЦН ЛКМ наиболее эффективно применение механизированной мешалки (пневно- или другой скоростной мешалки), поскольку, как показывает опыт, перемешивание вручную зачастую не позволяет добиться однородности состава, несмотря на кажущееся исчезновение осадка на дне тары.

В результате нанесения некачественно промышленного материала получается обедненное цинком ПК с пониженными защитными свойствами, отличающееся цветом и пони-

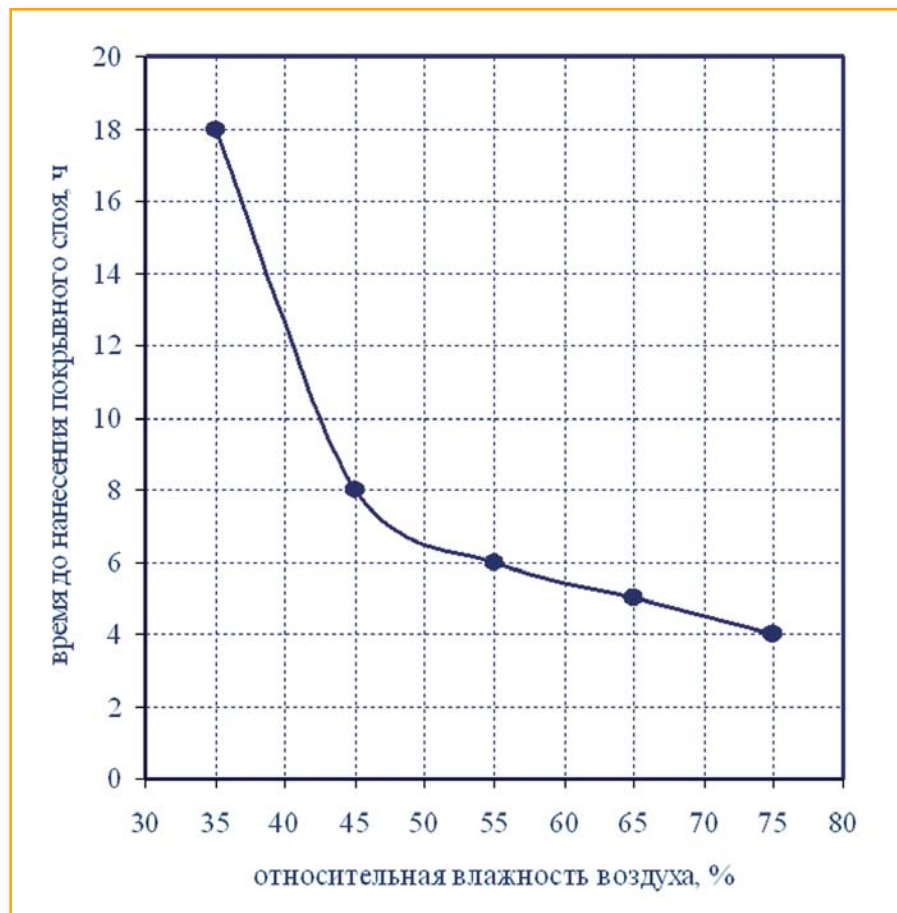


Рис. 3. Зависимость времени высыхания полиуретанового ЦНП покрытия от относительной влажности воздуха, на примере покрытия ЦИНОТАН при температуре (20±2)°С.

женной толщиной (табл. 2).

Настоятельно рекомендуется проводить периодическое (в среднем 1 раз в течение 1-2 мин. через каждые 20-30 мин. работы) перемешивание ЦН ЛКМ в процессе нанесения или использовать специальное оборудование с постоянным перемешиванием. Однако для материалов, отверждаемых влагой воздуха, таких как однокомпонентные полиуретановые (например, ЦИНОТАН), или этилсиликатные (ЦВЭС), постоянное перемешивание не рекомендуется, т.к. попадание в объем краски содержащего влагу воздуха сокращает жизнеспособность состава.

**3. Окрасочное оборудование и параметры окраски.и**

Ответственные производители ЦН ЛКМ обычно предоставляют достаточно подробную информацию по методам их нанесения, оборудованию и технологическим параметрам окрашивания. Несмотря на это, на

практике достаточно распространены случаи получения некачественных ЦНП вследствие их нанесения как обычных ЛКМ, без учета особенностей материалов этого класса.

Поскольку ЦН ЛКМ являются профессиональными материалами, наиболее распространенным методом их нанесения является безвоздушное, реже пневматическое распыление.

При безвоздушном нанесении основные рекомендации следующие:

- применять аппараты, обеспечивающие давление на выходе не менее 250 атм., (например, хорошо зарекомендовали себе аппараты марок President, Bulldog, King (ф. Graco); WIWA 1066, WIWA 18066 (ф. WIWA) и другие);
- давление распыла 10–20 МПа;
- диаметр сопла 0,015” – 0,021” (0,38 – 0,53 мм);
- шланг должен быть не более 15 м (оптимально 8 м);

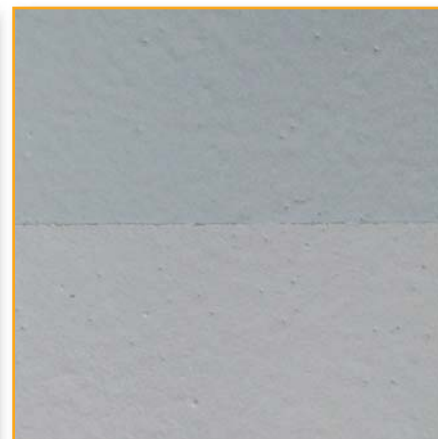
- угол распыла – в зависимости от конфигурации окрашиваемой поверхности. Для конструкций с шириной до 100 мм угол распыла – 20°; для конструкций с шириной от 100 до 350 мм угол распыла от 40° до 60°; для конструкций с шириной более 350 мм угол распыла – 80°;
- расстояние до окрашиваемой поверхности – 200-400 мм;
- распылитель располагать так, чтобы факел был перпендикулярен окрашиваемой конструкции.
- При нанесении пневматическим распылением рекомендуется:
  - применять аппараты с верхним расположением бачка. При нижнем расположении бачка, как правило, давления воздуха не хватает для распыления, а также увеличивается риск окрашивания обедненным по цинку материалом из-за его осаждения;
  - давление распыления 0,3–0,4 МПа;
  - диаметр сопла 1,8–2,2 мм;
  - краскораспылитель располагать перпендикулярно окрашиваемой поверхности;
  - перекрывать при нанесении очередной полосы край ранее нанесенной;
  - при окрашивании больших и несложных поверхностей применять краскораспылительные головки с плоской формой факела, при окраске малых, сложных и пространственных конструкций – с круглой формой факела;
  - расстояние до окрашиваемой поверхности 200 – 400 мм.

Перед нанесением ЦН ЛКМ оборудование необходимо промыть рекомендуемым разбавителем, т.к. остатки предыдущего материала могут попасть в ЦН ЛКМ и вызвать его затвердевание в таре или окрасочном оборудовании [5].

Из-за высокой степени наполнения ЦН ЛКМ порошком цинка время их высыхания значительно меньше, чем у обычных ЛКМ на той же полимерной основе, поэтому для них возрастает вероятность засорения различных элементов оборудования при перерывах в работе. В связи с этим, не допускается оставлять ЦН ЛКМ в



а)



б)

Рис. 4. Дефекты покрывного слоя, вызванные пористостью цинкнаполненного покрытия: а) пузыри; б) булавочные проколы

аппарате (шланг, бачок, пистолет и прочее) продолжительное время, более чем на 15–20 минут, особенно это касается материалов, отверждающихся в результате протекания химической реакции, таких как эпоксины, полиуретаны, этилсиликат. В этом случае необходимо приостановить работы, сбросить давление в аппарате и промыть оборудование рекомендуемым разбавителем.

Еще одной особенностью ЦН ЛКМ является то, что они чаще забивают и изнашивают сопло, т.к. цинковый порошок имеет тенденцию скапливаться в сопле [5].

При распылении ЦН ЛКМ очень важно исключить дефект «сухой факел», особенно характерный для быстросохнущих этилсиликатных ЦН ЛКМ. При нанесении должно получиться ровное, мокрое покрытие, что обеспечивается подходящим давлением и правильным расстоянием и углом между распылителем и поверхностью.

Наиболее характерные дефекты ЦНП, получаемые в результате отклонения от заданных параметров нанесения представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Нанесение ЦН ЛКМ кистью допускается только при ремонтах или на поверхности небольшой площади (острые кромки, сварные швы, труднодоступные места). Рекомендуется применять волосяные с коротким густым ворсом кисти среднего размера, не проводить по одному и тому же месту несколько раз.

### 3. Толщина покрытия

Ввиду высокого содержания цинка в ЦНП значительное превышение толщины ПК относительно рекомендуемой может привести к снижению декоративных и физико-механических свойств и даже к появлению дефектов (табл. 1), поэтому в инструкциях по применению производитель обычно оговаривает максимально допустимую толщину покрытия, гарантирующую его качество. Превышение толщины особенно критично для этилсиликатных покрытий из-за склонности к растрескиванию.

Максимально допустимая толщина ЦНП варьируется от продукта к продукту и, как правило, не превышает 150 мкм, в то время как средняя толщина ЦНП в системе покрытия обычно составляет 50 – 80 мкм [5, 6, 9]. Для ЦН ЛКМ производства ВМП допускается нанесение ПК толщиной до 180 – 200 мкм.

### 4. Нанесение покрывных материалов на ЦНП.

Для получения хорошей межслойной адгезии между ЦНП и последующими слоями системы ПК необходимо строго соблюдать рекомендации по минимальному и максимальному времени до перекрытия. Обычно минимальное время до перекрытия указывается в зависимости от температуры. Однако следует учитывать, что для материалов, отверждаемых влагой воздуха, особенно полиуретановых, время до перекрытия очень сильно зависит и от влажности воздуха (рис.3). Преждевременное нана-

Возможные проблемы при нанесении цинкнаполненных ЛКМ, причины их возникновения и способы устранения

Таблица 2

Дефект	Причина	Способ устранения
Нити в окружающем воздухе и на покрытии (факел сильно «пылит»)	Большое давление воздуха	Уменьшить давление воздуха
	Большой расход для данного состава	Применить сопло с меньшим диаметром
	Большое расстояние от пистолета до поверхности	Уменьшить расстояние от пистолета до окрашиваемой поверхности
Потеки	Большая толщина мокрого слоя	Отрегулировать подачу воздуха, снизить подачу материала на распыление.
		Не задерживать факел на одном месте, увеличить скорость передвижения
		Применить сопло с меньшим диаметром
		Отрегулировать подачу воздуха, снизить подачу материала на распыление
Малая толщина покрытия	Плохое перемешивание материала в процессе работы	Тщательно перемешать материал и периодически перемешивать в процессе нанесения
	Несоблюдение режима окрашивания	Соблюдать расстояние до изделия. Откорректировать давление при распылении
Разнооттеночность или темный цвет покрытия, или «пластмассовый блеск» покрытия	Плохое перемешивание материала до и в процессе работы	Тщательно перемешать материал и периодически перемешивать в процессе нанесения
Осыпание порошка цинка	Сухое распыление («сухой факел»)	Откорректировать давление при распылении Соблюдать расстояние до изделия.
Плохая адгезия к подложке	Низкая степень подготовки поверхности (недостаточные обезжиривание, очистка от окислов, шероховатость или обеспыливание)	Удалить ЦНП, провести заново подготовку поверхности
Растрескивание покрытия (особенно характерно для этилсиликатов)	Превышение минимальной толщины	Удалить ЦНП, провести заново подготовку поверхности

сение покрывных слоев на грунтовку может сопровождаться дефектами эмали (пузыри) и снижением межслойной адгезии.

Максимальное время до перекрытия является очень важным параметром в тех случаях, когда нанесение цинкнаполненной грунтовки предполагается выполнять на заводе, а нанесение остальных слоев системы – при монтаже конструкций с

разрывом по времени. Это связано с тем, что ЦНП на основе некоторых полимеров имеют свойство «стекленеть», становясь очень твердыми и непригодными для перекрашивания из-за снижения межслойной адгезии [5, 10].

4.1. Подготовка ЦНП к нанесению следующих слоев в системе. При соблюдении оптимальных режимов нанесения ЦН ЛКМ должно получиться

ровное, серое покрытие, требуемой толщины.

При нарушении технологии возникают такие дефекты, как «сухой факел», мусорность, растрескивание или/и несоответствия толщины.

Области с инородными включениями в ЦНП (частицы абразива, пыль), цинковой крошкой от «сухого факела» и растрескиванием необходимо зачистить и перекрасить, т.к. они мо-

гут вызвать снижение межслойной адгезии и/или стать очагами коррозионных поражений стали. Зачистку проводят щетками или наждачной бумагой, затем обеспыливают.

Иногда при продолжительном хранении конструкции или ее экспозиции в агрессивных условиях до нанесения покрывных слоев на ЦНП появляется белый налет, указывающий на образование солей цинка. Этот налет необходимо удалить с покрытия, для чего достаточно промывки водой и чистки щетками [5, 10].

**4.2. Нанесение последующих слоев в системе покрытий.** Как правило, ЦНП представляют собой пористое покрытие. При нанесении следующего слоя воздух из пор высвобождается через мокрую пленку второго слоя, что вызывает появление пузырей, кратеров и «булавочных проколов» (рис. 4).

Для устранения возникновения данного дефекта рекомендуется применять:

- ЛКМ с очень хорошим розливом и достаточным содержанием деаэраторов, т. е. с низкой тенденцией к образованию пузырей и «булавочных проколов», обычно это 50-75 микронные эпоксидные покрытия;
- тонкие «пропитывающие» покрытия, представляющих собой тонкий слой разбавленного промежуточного или покрывного ЛКМ, который проникает в поры ЦНП и вытесняет воздух. После чего наносят стандартный слой этого же материала [5, 10].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, для получения качественного ЦНП в системе антикоррозионных покрытий необходимо:

- изучать и выполнять инструкции производителей материалов;
- проводить качественную абразивоструйную очистку поверхности;
- тщательно перемешивать материал;
- использовать для нанесения подходящее оборудование;
- соблюдать рекомендованные параметры окраски, толщину слоя и время до нанесения последующих слоев;

- использовать технику «пропиточного» покрытия при нанесении покрывных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Субботина О. Ю., Ярославцева О.В.** Особенности применения и испытания цинкнаполненных покрытий разного типа// Промышленная окраска, №1, 2007, С. 38 – 44.
2. **Фришберг И. В., Субботина О. Ю., Павлюкова О. Н., Ярославцева О. В., Кишкопаров Н. В.** Новые отечественные цинкнаполненные материалы//Промышленная окраска, №1, 2003, С.8–15.
3. Васильев С. А. Холодное цинкование. Теория и практика//Практика противокоррозионной защиты, №4(34), 2004, С. 46–50.
4. **Каверинский В. С.** «Холодное цинкование» — псевдоцинкование//Промышленная окраска, №1, 2009, С. 22–24.
5. **Wood W. A., Bock P. P.** What you should know applying Zinc-Rich Primers//JPCL, №7, 2005, P. 17–25.
6. SSPC PS Guide 12.00, Editorial Revision November 1, 2004, P. 5-55 – 5-60.
7. **Hare C. H.** Zinc-Rich Primers I: Design Principles//JPCL-PMC, №7, 1998, P. 17–37.
8. **Hare C. H.** Trouble with Zinc-Rich Primers, Part I: Non-Topcoated Systems, №8, 1998, P. 29–41.
9. ИСО 12944-5:2007. Лаки и краски. Антикоррозионная защита стальных конструкций с помощью ЛКМ. Защитные лакокрасочные системы.
10. **Hare C. H.** Trouble with Zinc-Rich Primers, Part II: Multi-Coat Paint Systems//JPCL, №9, 1998, P. 34–48.