

6. СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЙ.	
6.1. Определения по ISO 12944-5 для защитных систем покрытий.	
6.2. Однослойные системы.	
6.3. Многослойные системы.	
6.3.1. Грунтовки.	
6.3.2. Промежуточные покрытия.	
6.3.3. Финишные покрытия.	
6.3.4. Совместимость покрытий.	
6.4. Принцип работы защитных покрытий.	
6.4.1. Барьерный эффект.	
6.4.1.1. Торможение (ингибирование) электрическим сопротивлением.	
6.4.1.2. Адгезия.	
6.4.2. Эффект ингибитора коррозии.	
6.4.3. Гальванический эффект.	
6.5. Разработка систем покрытий	
6.5.1. Общие положения (ISO 12944-1).	
6.5.2. Выбор краски:	
6.5.2.1. Критерии заинтересованных сторон.	
6.5.2.1.1. Влияние официальных органов.	
6.5.2.1.2. Требования заказчика.	
6.5.2.1.3. Интересы подрядчика.	
6.5.2.1.4. Технические аспекты, важные для поставщика покрытий.	
6.5.2.2. Документация на материалы и гарантии качества, как фактор выбора системы покрытий	
6.5.2.3. Рекомендуемые комбинации защитных красок по ISO 12944-5.	
6.5.2.3.1. Классификация окружающей среды.	
6.5.2.3.2. Окрашиваемые поверхности.	
6.5.2.3.3. Типы грунтовок.	
6.5.2.3.4. Системы окраски с низким уровнем летучих органических компонентов.	
6.5.2.3.5. Толщина сухой пленки.	
6.5.2.3.6. Срок службы.	
6.5.2.3.7. Нанесение покрытий в заводских условиях и на монтажной площадке.	
6.5.2.3.8. Таблицы окрасочных систем.	
6.5.2.3.8.1. Пользование таблицами.	
6.5.2.3.8.2. Параметры, влияющие на срок службы.	
6.5.2.3.8.3. Обозначение приведенных систем окраски.	
6.5.2.3.8.4. Рекомендации по выбору соответствующей системы окраски	
6.5.2.4. Контрольный перечень вопросов для выбора покрытия.	
6.5.3. Определение расхода красок.	
6.5.3.1. Сухой (твердый) остаток краски.	
6.5.3.1.1. Расчет сухого остатка краски после ее разбавления.	
6.5.3.2. Кроющая способность лакокрасочного материала.	
6.5.3.2.1. Теоретическая кроющая способность краски.	
6.5.3.2.1.1. Расчет теоретической кроющей способности краски.	
6.5.3.2.2. Практическая кроющая способность краски.	
6.5.3.3. Потери краски при нанесении.	
6.5.3.3.1. Классификация окрашиваемых поверхностей по группам	

сложности.	
6.5.3.3.2. Косвенные потери.	
6.5.3.3.2.1. Эффект профиля поверхности.	
6.5.3.3.2.2. Неравномерное распределение краски по поверхности.	
6.5.3.3.3. Прямые потери.	
6.6. Действия инспектора при нанесении покрытий.	
6.6.1. Перед началом работы.	
6.6.2. По прибытии материалов покрытия.	
6.6.3. На начало нанесения.	
6.6.4. Во время нанесения.	
6.6.5. После того, как материал затвердеет.	
6.6.6. В конце проекта.	
Основные термины и определения.	

6. СИСТЕМЫ ПОКРЫТИЙ.

Лакокрасочные материалы являются элементами систем покрытий.

6.1. Определения по ISO 12944 для защитных систем покрытий.

Данные определения применяются для целей ISO 12944 «Лаки и краски. Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий»:

6.1.1. **Покрытие** – непрерывный слой металлического материала или непрерывная пленка лакокрасочного материала, в результате однослойного нанесения.

6.1.2. **Система защитных покрытий** – сумма общих слоев металлических и/или лакокрасочных материалов или относящихся к ним веществ, которые будут наноситься или уже нанесены на подложку, с целью обеспечения защиты от коррозии.

6.1.3. **Подложка** – поверхность, на которую материал покрытия нанесен или должен быть нанесен.

6.1.4. **Долговечность** – ожидаемый срок службы защитной системы покрытий до первой основной ремонтной окраски.

6.1.5. **Грунтовочное покрытие** – первый слой системы покрытий.

Примечание: грунтовочное покрытие обеспечивает хорошую адгезию к достаточно шероховатому, очищенному металлу и/или очищенному старому покрытию, гарантируя прочную основу для адгезии последующих слоев. Как правило, оно также обеспечивает защиту от коррозии на период до перекрытия следующим слоем и всего срока службы системы покрытий.

6.1.6. **Промежуточный слой** – любой слой между грунтовочным покрытием и финишным/верхним покрытием.

Примечание: в английском языке термин «undercoat – грунтовка» иногда применяется синонимично, как правило, для промежуточного слоя, наносимого непосредственно перед верхним слоем.

6.1.7. **Верхний слой** – финишный слой системы покрытия

Примечание: верхний слой предназначен для защиты находящихся ниже слоев от воздействия окружающей среды и способствует общей антикоррозионной защите, а также придает системе необходимый цвет.

6.1.8. **Связующий слой** – слой, предназначенный для улучшения межслойной адгезии и/или для недопущения дефектов в течение нанесения.

6.1.9. **Полосовой слой** – дополнительный слой, предназначенные для гарантирования адекватной защиты критических или труднодоступных участков, таких как кромки, сварочные швы и т.п.

6.1.10. **Межоперационная грунтовка** – быстро сохнущая краска, которая наносится тонким слоем на очищенный абразивоструйным методом стальной прокат для защиты стали во время изготовления конструкций, не препятствуя сварке и резке.

6.2. Однослойные системы.

В течение многих лет считалось, что однослойная система покрытий была недостаточной, чтобы защитить промышленную конструкцию от коррозии. Однако, с развитием новых технологий, достижений в области оборудования для нанесения покрытий, а также подготовки рабочего персонала, стало возможным применять однослойную систему покрытий в некоторых случаях.

Не содержащие растворитель полиуретановые, полимочевинные и эпоксидные покрытия в настоящее время широко используются в качестве таких однослойных систем для защиты от коррозии внутренней поверхности резервуаров и наружной поверхности трубопроводов как в морской промышленности, так и в системах водоснабжения и канализации. Некоторые производители предлагают их использование и в других областях.

Однослойное покрытие требует, чтобы оператор очень тщательно наносил покрытие, а инспектор тщательно проверял поверхность на наличие нарушений сплошности или других дефектов. Также необходимо специализированное оборудование, тщательное планирование нанесения покрытия и облегчение доступа к объекту, на которое наносится данная система.

6.3. Многослойные системы.

Лакокрасочные системы в большинстве случаев представляют собой многослойные системы покрытий. Многослойные покрытия предпочтительней однослойных, поскольку каждый последующий слой перекрывает микродефекты предыдущего слоя и обеспечивает более равномерную толщину покрытия в целом. Кроме того, каждый окрасочный слой имеет свое функциональное предназначение.

Во многих случаях некоторые материалы отлично выполняют свои функции в одном аспектах защиты от коррозии, но несколько хуже в других аспектах.

Конструкции защитных систем определяются многими факторами. Система покрытия, может состоять из любого количества слоев и комбинаций материалов. В большинстве случаев, лакокрасочная система состоит из 2-4 слоев.

Каждая часть системы покрытия имеет определенную функцию, хотя некоторые слои могут играть двойную роль. Как правило, выделяют три основных типа окрасочных слоёв:

- Грунтовки;
- Промежуточные покрытия;
- Финишные покрытия.

Одна из распространенных систем покрытий в качестве грунтовки использует неорганические цинковые покрытия, в основном из-за его превосходной адгезии к стали и его способности обеспечить катодную защиту при повреждении, тем самым снижая вероятность подслоной коррозии. Второй слой обычно представляет собой толстослойное эпоксидное покрытие, используемое в качестве барьерного слоя, уменьшающего проникновение влаги к подложке. Финишный слой во внешней системе, как правило, полиуретан, обеспечивающий отличную стойкость к УФ.

Система покрытия не обязательно должна состоять из этих трех различных частей; даже один слой грунтовки может обеспечить систему покрытия, в зависимости от требований к ней. Неорганические цинковые покрытия, например, обеспечивают превосходную однослойную систему покрытия для хранения продуктов очищенной нефти и многих растворителей. Одно и то же покрытие, нанесенное в два или больше слоев, может обеспечить лучшее решение специфической проблемы. В большинстве систем покрытий связующие промежуточные слои опущены. Толерантные к поверхности мастики можно наносить непосредственно на сталь и, следовательно, они могут одновременно выступать в качестве и грунтовки, и промежуточного слоя.

Как и для всех лакокрасочных систем, свойства составляющих их частей, должны удовлетворять многим требованиям, основными из которых являются:

- Ожидаемый срок службы;
- Будущее техническое обслуживание;
- Требования международных стандартов;
- Требования охраны труда и экологические требования;
- Стоимость для всего проектного срока службы.

6.3.1. Грунтовки.

Грунтовка – первый слой системы покрытия. Грунтовка является той базой, на которую наносится остальные слои. В качестве базы, она должна иметь хорошую адгезию к поверхности основания и должна создать хорошую основу для следующего слоя.

Грунтовки, как правило, обеспечивают защиту от коррозии в течение периода нанесения и всего срока службы покрытия. Грунтовки считаются одним из наиболее важных компонентов системы покрытий.

Грунтовка также обеспечивает надлежащую и совместимую базу для промежуточного слоя. Она должна обеспечить поверхность, которая может быть полностью покрыта последующим слоем. В целом, не глянецовые поверхности должны обеспечить некоторую физическую адгезию к следующему слою. Грунтовка имеет двойной результат: адгезию к основанию и обеспечение поверхности, которая необходима для нанесения следующего слоя.

Если грунтовка используется в условиях погружения или резервуарах, она должна иметь химическую стойкость, равносильную оставшейся части системы покрытий для того, чтобы удовлетворительно защитить от химических нагрузок веществ, в которые она погружена.

Таким образом, грунтовки универсальны для всех систем защиты против коррозии, наиболее важными свойствами которых являются:

- Сильные адгезионные связи с поверхностью подложки.
- Хорошая когезионная связь (внутренняя прочность структуры пленки).
- Инертность по отношению к стальной основе.
- Межслойная связь (сильная связь с промежуточным слоем).
- Пластичность.

6.3.2. Промежуточные покрытия.

В некоторых лакокрасочных системах между грунтовкой и финишным слоем применяется промежуточный слой. Промежуточные слои должны иметь хорошую адгезию к грунтовке. Они необходимы для получения достаточной толщины системы покрытий. Кроме того, они должны обладать высокой механической прочностью, хорошей кроющей способностью и его цвет, предпочтительно, должен быть почти такой же, как у верхнего покрытия, но достаточно отличаться, чтобы контраст был очевиден при нанесении окончательного слоя. Цвет должен быть светлее, чем у верхнего слоя, чтобы можно было его легко перекрыть. Часто промежуточный слой белого или почти белого цвета, подходит для нанесения на него верхнего слоя.

Состав промежуточного слоя очень важен. Покрытия, которые наносятся большой толщиной за один слой, часто называют «толстослойные покрытия». Толстослойные покрытия дают возможность их наносить большей толщиной, чем обычно считается нормальным для этого типа покрытия, согласно ISO 12944-5 это означает толщину сухой пленки > 80 мкм.

Промежуточный слой должен иметь хорошее сцепление с грунтовкой, и быть хорошей основой для верхнего слоя. Без способности этого материала, должным образом сцепляться с грунтовкой и обеспечивать адгезию с финишным слоем, была бы проблемой раннего повреждения системы покрытия.

Обобщая вышесказанное, основная цель промежуточного слоя обеспечить:

- Толщину всего покрытия.
- Сильную химическую защиту.
- Устойчивость к движению влаги.
- Усилить электрическое сопротивление всего покрытия.
- Сильная межслойная связь.
- Сильная связь со следующим слоем.

Связующий слой.

Связующий слой – это особый вид промежуточного покрытия, назначение которого улучшить адгезию с верхним слоем и/или избежать определенных дефектов, таких как крошечные отверстия и трещины во время нанесения. Основная цель применения связующего слоя состоит в том, чтобы вытеснить воздух из пор в подстилающем слое. Для того, чтобы вытеснить воздух из предыдущего слоя важно нанести тонкий слой, как правило, в диапазоне 20-30 мкм. Связующий слой используется в основном на неорганических цинковых грунтовках. Также специальные связующие составы применяются для обеспечения адгезии с не смачиваемыми поверхностями, например для нанесения полиуретановых толстослойных покрытий поверх полиэтиленовой изоляции трубопроводов на их сварных соединениях при монтаже.

6.3.3. Финишные покрытия.

Верхний слой системы покрытия предназначен для защиты нижних слоев от окружающей среды, способствовать полной защите от коррозии, а также для получения требуемого цвета и блеска.

Отделочная краска или верхний слой имеет много функций. Кроме того, что он декоративный, он должен быть стойким против атмосферных воздействий (погодных условий). Верхний слой первым отражает различные воздействия окружающей среды, такие как: ветер и погодные условия, высокий уровень загрязнения атмосферы, вода и агрессивные химические вещества. Это первоначальный барьер системы покрытия. Это означает, что отделочная краска также должна обладать рядом свойств: хорошее сохранение цвета и глянца, не мелеет на ярком солнце и имеет хорошее сцепление в условиях повышенной влажности.

Кроме того, к финишным покрытиям также могут предъявляться высокие требования к механическим свойствам, таким как стойкость к царапанию, физическим ударам и истиранию, стойкость к обрастанию.

Глянцевое финишное покрытие имеет низкое соотношение пигментов и вяжущих веществ.

Для того, чтобы удовлетворительно применять верхние покрытия на базовый слой, содержащий цинк, они должны иметь высокую стойкость к щелочам. Такими покрытиями могут быть винилы, хлоркаучуки и эпоксидные смолы.

В общем, верхний слой должен отвечать следующим требованиям:

- Обеспечивать надежную защиту всему покрытию.
- Образовывать первый барьер от окружающей среды.
- Обеспечивать устойчивость против химикатов, воды и погодных воздействий.
- Обеспечивать сильную износостойкость.
- Обеспечивать хороший внешний вид.

6.3.4. Совместимость покрытий.

Не все покрытия хорошо работают вместе. Классическим примером является нанесение алкидного покрытия на неорганическое цинковое покрытие или на оцинкованную поверхность. Высокий уровень pH цинка образует мыло. Жирные масла в алкидах реагируют (омыляются) на контакте двух покрытий. Некоторые алкидные смолы, модифицированные фенолом, предотвращают омыление.

Еще одна распространенная ошибка нанесения покрытия химического отверждения на покрытие, отверждаемое испарением растворителя. Сильные растворители, содержащиеся в верхнем слое, размягчают грунтовку: напряжения, возникающие при отверждении верхнего слоя, отрывают размягченную грунтовку от подложки.

6.4. Принцип работы защитных покрытий.

Для защиты от коррозии с помощью лакокрасочных материалов используются три основных принципа:

- Барьерный эффект;
- Эффект ингибитора коррозии
- Гальванический эффект.

Следует отметить, что барьерный эффект, присутствует во всех типах защитных покрытий. В то время как принцип эффекта ингибирования коррозии и гальванического эффекта присущ только грунтам.

6.4.1. Барьерный эффект.

Барьерный эффект является основной концепцией для большинства доступных антикоррозионных покрытий. Ни одно покрытие не является абсолютно непроницаемым. Барьерные покрытия предназначены для того, чтобы не быть зависимыми от накопленной влаги или паров внутри покрытия вплоть до нормального содержания поглощенной влаги.

Барьерный эффект покрытия зависит от типа применяемого связующего вещества (табл. 6.1.) и от типа применяемых пигментов.

Таблица 6.1. – Адсорбция воды различными типами красок.

Тип покрытия	Тестовая толщина, мкм	Водонасыщение, г/м ² /24 часа
Эпоксиполиамидное	125	1,71
Эпоксаминовое	125	3,10
Поливинилхлоридные	125	11,94
Винил-акриловые	125	12,87
Алкидные (с небольшим содержанием масляной части в алкидной смоле)	125	57,36

Рисунок 6.1 в упрощенном виде иллюстрирует, принцип работы барьерного покрытия. Защитное покрытие препятствует проникновению кислорода, воды и растворимых солей (например, пищевой соли в морской воде, хлорида натрия). Защитное покрытие предотвращает образование эффективного электролита (вода и растворимые соли) на границе раздела покрытие - металл и ограничивает доступ сильно деполаризованных молекул кислорода. Проникание воды и кислорода на поверхность стали не является серьезной проблемой, если нет ионов, присутствующих на поверхности. Если ионы присутствуют, то в присутствии воды и кислорода коррозия инициируется.

Покрытие барьерного типа чаще всего используется в условиях погружения, в связи с чем оно должно быть инертным к окружающим химическим веществам. Оно должно быть по возможности непроницаемо для воздуха, кислорода, углекислого газа, прохождения ионов и электронов.

Адгезия покрытия к основной поверхности должна быть очень хорошей, а также покрытие должно достаточно хорошо увлажнять поверхность, чтобы исключить любые пустоты на контакте между покрытием и подложкой. Не должно быть также межслойных пустот, где могла бы собираться влага. Для этого необходимо обеспечить хорошую межслойную физическую и химическую адгезию. В целом, водонепроницаемое покрытие барьерного типа образует инертный барьер над защищаемой поверхностью. Для усиления барьерного эффекта во многих покрытиях используются пластинчатые пигменты (алюминиевые или стеклянные

чешуйки). С добавлением чешуек путь прохождения влаги, кислорода, солей и других загрязнений становится длиннее, а возможность их просачивания ниже (рисунок 6.2).

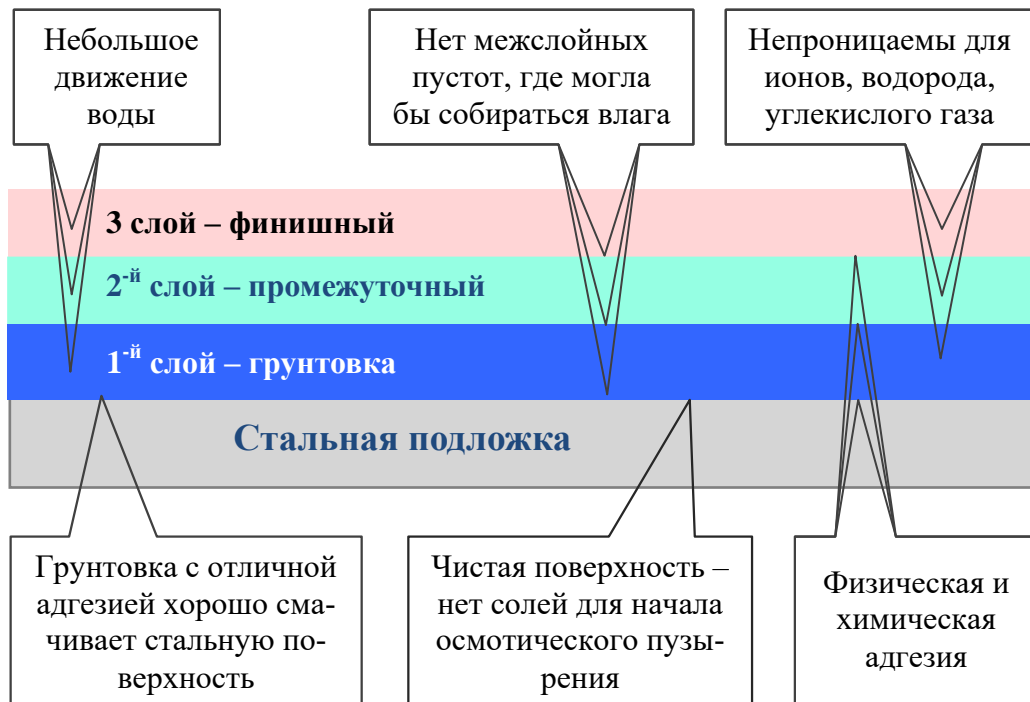


Рисунок 6.1. – Механизм работы водонепроницаемого покрытия по принципу инертного барьера.

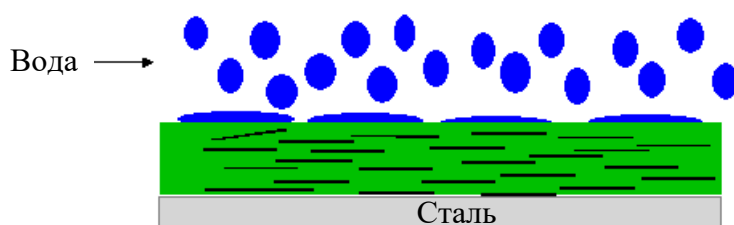


Рисунок 6.2. – Механизм барьерной защиты пластинчатыми пигментами.

Предполагается, что формирование системы барьерной защиты обеспечивается тремя механизмами:

- Ограничение доступа кислорода, воды, ионов;
- Торможение электрическим сопротивлением;
- Адгезия.

6.4.1.1. Торможение (ингибирование) электрическим сопротивлением.

Существует мнение, что барьерные покрытия полностью предотвращают доступ кислорода и воды к поверхности стали. Тем не менее, научные исследования показали, что проницаемость барьерных покрытий для воды и кислорода, как правило, значительно выше, чем уровень, при котором, как правило, инициируется и поддерживается коррозия на незащищенной стали.

Тогда была выдвинута гипотеза, что барьерные пленки защищают от коррозии за счет поддержания высокого уровня электрического сопротивления вблизи и непосредственно на границе раздела подложки и покрытия. Это высокое сопротивление предотвращает значительный поток электронов между анодным и катодным участками на металле (в локальных коррозионных элементах). Это явление снижает вероятность коррозии на подложке.

Высокое электрическое сопротивление поддерживается за счет пленки покрытия с низкой проницаемостью для ионов, то есть замедление (ингибирование) сопротивлением. Если содержание ионов ограничено, вода, достигающая контакта покрытия со сталью, не является достаточно проводящей, чтобы нести значительный коррозионный ток для инициирования и поддержания коррозии. Как объяснялось ранее, вода и кислород, проникая сквозь пленку покры-

тия к подложке, *не являются значительным фактором, если на поверхности не присутствуют ионы.*

Таким образом, барьерные покрытия необходимо модифицировать, чтобы компоненты покрытия уменьшали проницаемость пленки как для ионов, так и для воды.

Общепринятая упрощенная концепция предусматривает, что покрытие может обеспечить барьер между подложкой и окружающей средой (обычно электролитом), таким образом, удаляя один из четырех необходимых элементов для коррозионного элемента. Большинство покрытий обеспечивают некоторый уровень барьерной защиты. Барьерные покрытия должны обладать следующими признаками:

- Устойчивость к химическому окружению;
- Устойчивость к воздействию влаги;
- Отличная адгезия к подложке, даже во влажных условиях;
- Хорошие смачивающие свойства при нанесении для предотвращения пустот в пленке;
- Устойчивость к вибрации.

6.4.1.2. Адгезия.

Самая основная функция любого покрытия является его способность прилипать к поверхности, на которой он размещен. Сильная адгезия является ключом к эффективности покрытия и

длительному сроку его службы (рис 6.3). Если адгезия плохая, покрытие постепенно разрушается из-за пузырения, подслоного ржавления или сколов и отслоений.

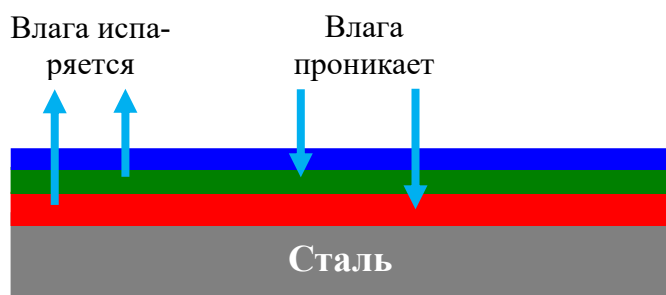
Адгезия может быть химической, механической, полярной, или сочетанием всех трех. Химическая связь, образованная путем реакции между покрытием и подложкой является наиболее эффективной связью. Примером химической связи является процесс оцинкования, в котором расплавленный цинк расплавляет поверхностный слой стали и два материала объединяются, образуя ряд сплавов, по существу делая покрытие частью поверхности.

Неорганические цинковые покрытия также образуют химическую связь между молекулами силиката и стальной подложкой. Фосфатирующие грунтовки, которые обычно включают в себя

кислотный элемент, также образуют химическую связь с подложкой.

Полярная адгезия (так называемые валентные связи) является наиболее распространенным типом связи для органических покрытий. Смола действует как слабый магнит с северным и южным полюсами, которые притягиваются к противоположным полюсам на подложке. Другим объяснением полярной адгезии является то, что полярные группы являются положительно и отрицательно заряженными частицами молекулы покрытия, которые притягиваются к противоположно заряженным областям на подложке. Эпоксидные покрытия подпадают под такого рода концепцию адгезии.

а) хорошая адгезия



б) плохая адгезия

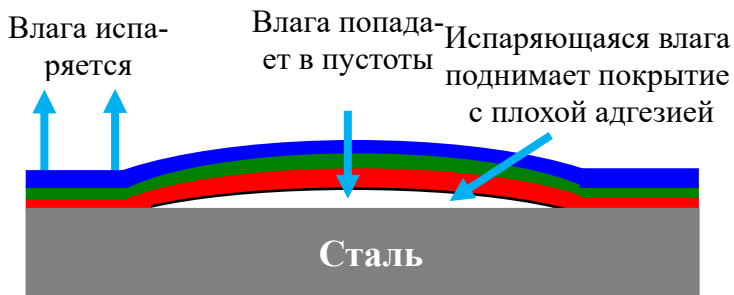


Рисунок 6.3. – Механизм разрушения покрытия с плохой адгезией.

Механическая адгезия связана с шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности, образуемая с помощью некоторых видов подготовки поверхности, позволяет получить больше точек контакта между молекулами покрытия и молекулами поверхности. С увеличением точек контакта, увеличивается и адгезия.

Бетон имеет другой тип механического сцепления. Бетонная поверхность является относительно пористой с большим количеством раковин, трещин и другой естественной шероховатости поверхности. Покрытия для таких поверхностей должны обладать высокой проникающей способностью.

Все формы адгезии зависят от прямого контакта между покрытием и подложкой. Любой тип загрязнений на поверхности препятствует прямому контакту между покрытием и подложкой и уменьшает величину сцепления между ними.

6.4.2. Эффект ингибитора коррозии.

Вместо того, чтобы иметь инертную лакокрасочную пленку, как у покрытий барьерного типа, ингибирующие пигменты фактически пассивируют поверхность металла путем формирования тонкой, плотно прилегающей пленки или путем упрочнения и закупорки дефектов в пленке, принявшей на воздухе естественную форму.

Рисунок 6.4 иллюстрирует в упрощенном виде принцип ингибирующего действия покрытия.

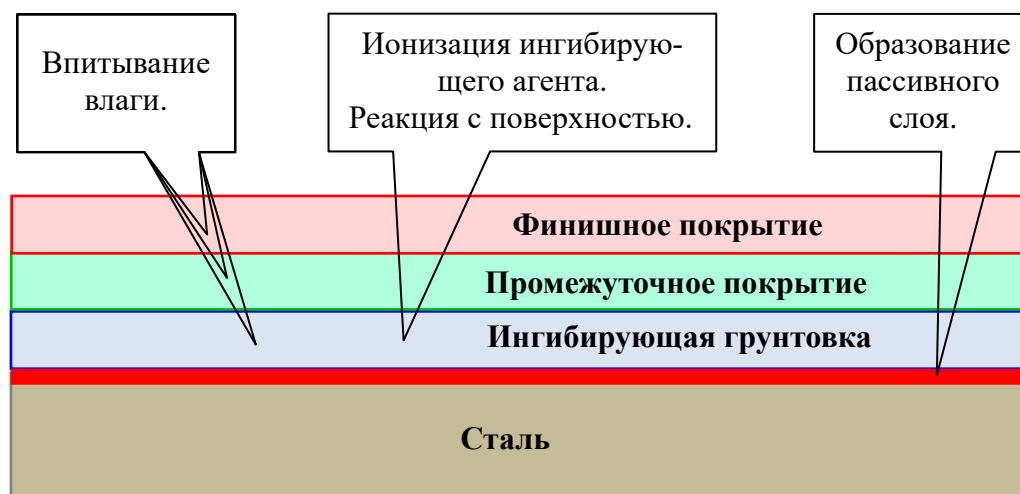


Рисунок 6.4. – Принцип ингибирующего действия покрытия.

Ингибиторы в дополнение к действующим в качестве барьера покрытиям активно замедляют реакцию, протекающую у анодов, катодов или у обоих сразу. Ингибиторы обычно добавляются к грунтовкам, поскольку они контактируют со сталью, которую они должны пассивировать.

Во время воздействия влага будет проникать через пленку краски. Ингибиторы реагируют как с влагой в краске, так и с поверхностью стали. В результате реакции на стали образуется пассивный слой и уменьшается ее коррозионная активность.

Как правило, ингибирующие покрытия:

- Содержат химические вещества, которые реагируют с адсорбированной покрытием влагой и вступают в реакцию с поверхностью стали для пассивации и повышения коррозионных свойств.
- Требуют небольшого количества влаги, чтобы активироваться;
- Регламентировались из существующих ингибирующих пигментов, включая свинец и хроматы.

В отличие от покрытий разработанных на основе барьерного эффекта, ингибирующие покрытия в основном используются для атмосферных воздействий, то есть, в качестве покрытий для стали и других металлов, которые подвержены атмосферным воздействиям, но не погружению. Некоторые пигменты настолько чувствительны к воде (впитывают слишком много воды в покрытие), что на погруженных конструкциях происходит осмотическое пузырение. Поэтому такие краски никогда не должны использоваться для погружения в воду.

6.4.3. Гальванический эффект.

Рисунок 6.5 иллюстрирует в простой форме принцип гальванического эффекта с применением жертвенных покрытий. Жертвенные покрытия используют металл, который является анодом по отношению к стали и который корродирует в первую очередь. По существу, жертвенные покрытия обеспечивают катодную защиту, особенно в непосредственной близости от дефектов пленки.

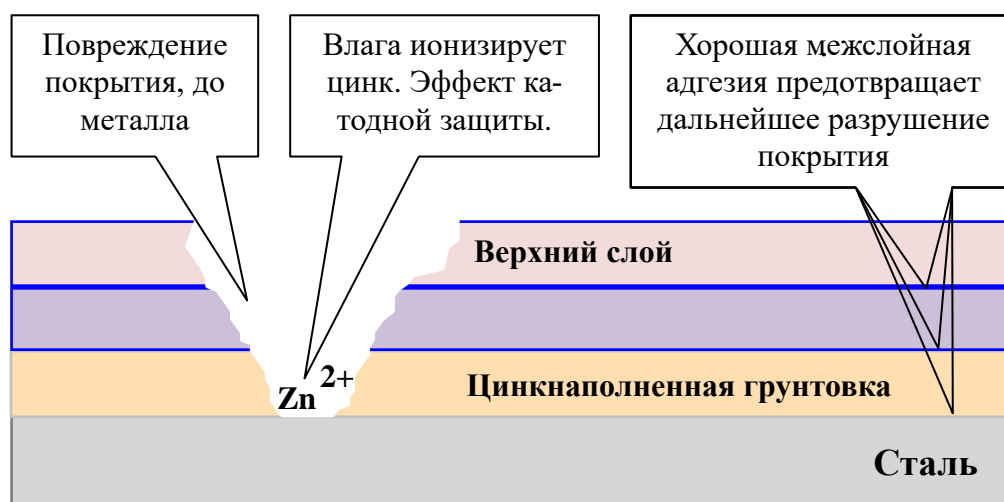


Рисунок 6.5. – Принцип гальванического эффекта с применением жертвенной грунтовки.

Жертвенные грунтовки обычно содержат цинковую пыль в качестве основного пигмента и чтобы быть эффективными, они должны иметь содержание цинковой пыли не менее требуемой нормы.

Стандарт SSPC Paint 20 определяет три уровня содержания цинка по массе в сухой пленке:

Уровень 1 –	≥ 85%;
Уровень 2 – от 77%	до 85%;
Уровень 3 – от 65%	до 77%.

По этому определению, покрытия с более чем 65% цинка по весу в высушенной пленке считаются «Цинкнаполненными». Важно отметить, что содержание цинка определяется по массе. Объемный процент будет значительно ниже, так как связующее вещество собой значительно легче, чем цинк.

Содержание цинка определяется в сухой пленке, так что влажный материал, вероятно, имеет более низкое содержание цинка. Наконец, следует отметить, что размер и форма частиц цинка и его чистота также могут повлиять на эффективность гальванического эффекта.

Жертвенными покрытиями могут быть не только грунтовки, но и металлические цинковые или алюминиевые покрытия.

Концепция катодной защиты заключается в том, что в случае применения неорганической цинковой грунтовки или органической цинкнаполненной грунтовки, цинк выступает в качестве

жертвенного анода. Своим присутствием цинк стремится защитить основной материал (сталь) от коррозии, в то время как сам пигмент корродирует. Много раз, когда появляются царапины или узкие повреждения цинкового покрытия, цинковые продукты, получаемые в результате коррозии цинка, герметизируют их от дальнейших повреждений, связанных с воздействием атмосферы.

Неорганические цинковые покрытия могут быть использованы отдельно или в качестве грунтовки, на которую могут быть нанесены верхние покрытия. Цинковые силикатные грунтовки имеют высокую адгезию, реагируя с основой, образуют химическую связь в дополнение к физической связи с поверхностью стали. Высокая адгезия цинковой грунтовки предотвращает подрывание органических покрытий. Это важное свойство в случае разрушения покрытия или если появляется дефект в пленке краски. Хорошая адгезия снизит риск расширения поврежденной области, как и в случае со многими органическими ингибирующими системами грунтовок. Хотя органические цинкообогащенные грунтовки защищают таким же образом, при условии, что цинковые частицы контактируют между собой в грунтовке, органическое связующее не вступает в химическую реакцию с защищаемой поверхностью. Таким образом, если происходит коррозия, такое покрытие может быть подорвано.

6.5. Разработка систем покрытий.

6.5.1. Общие положения (ISO 12944-1).

6.5.1.1. Так как период, в течение которого эффективность окрасочной защитной системы, короче, чем срок годности конструкции, необходимо уделять внимание планированию и проектированию возможности обслуживания и восстановления покрытий.

6.5.1.2. Конструкционные элементы, которые подвергаются коррозионному воздействию, и доступ к которым прекращается после сборки, должны быть обеспечены эффективной антикоррозионной защитой, которая будет гарантировать стабильность конструкции на протяжении всего ее срока службы. Если это нельзя достичь посредством системы защитной окраски, нужно применять другие способы (применять коррозионно-стойкие материалы, проектировать элементы с возможностью их замены или предусматривать специальные коррозионные припуски).

6.5.1.3. Эффективность данной системы защиты от коррозии будет напрямую зависеть от продолжительности, на протяжении которого будет сохраняться (поддерживаться) эффективная защита, т.к. желательно, чтобы объем работ по профилактическому окрашиванию или восстановлению (замене), выполняемый на протяжении срока службы конструкции, был сведен до минимума.

6.5.1.4. Уровень повреждения покрытия до первого полного ремонтного окрашивания должен быть согласован между заинтересованными сторонами и подвергнут оценке в соответствии со стандартами ISO 4628-1 – ISO 4628-5, если между заинтересованными сторонами нет другого соглашения.

Согласно стандарту ISO 12944-2 долговечность выражена тремя интервалами:

- Низкий (L) – от 2 до 5 лет;
- Средний (M) – от 5 до 15 лет;
- Высокий (H) – более 15 лет.

Примечание: Срок службы не является «гарантийным сроком». Срок службы – это технический термин, который помогает заказчику создать программу технического обслуживания. Гарантийный срок представляет собой понятие, имеющее юридическую силу и являющееся предметом пунктов в основной части контракта. Продолжительность гарантированного срока обычно меньше интервала долговечности. Нет никаких правил по осуществлению связи между этими двумя временными понятиями.

6.5.2. Выбор краски.

При разработке системы есть множество факторов, влияющих на выбор покрытий для защиты конструкций или их элементов. Эти факторы будут представлять комплекс требований заинтересованных сторон, влияния условий окружающей среды, ожидаемого срока службы системы покрытий, финансовых затрат и свойств материалов покрытий.

6.5.2.1. Критерии заинтересованных сторон.

Выбор системы покрытия в большинстве случаев основан на собственном опыте заказчика и рекомендаций, данных подрядчиком/заводом-изготовителем конструкций, проектной организацией и производителем покрытий.

6.5.2.1.1. Влияние официальных органов.

Официальные органы оказывают влияние на выбор покрытий через законодательные акты, нормативные документы и рекомендуемую практику. Они включают в себя:

- Нормы пожарной и взрывобезопасности;
- Нормы по охране труда;
- Требования по охране окружающей среды;
- Технические рекомендации.

Наиболее важными организациями являются:

- Национальные органы;
- Международная морская организация (ИМО);
- Международная Ассоциация Классификационных Обществ (МАКО) / International Association Classification Societies (IACS).

Примеры, когда законодательство и рекомендации органов власти влияют на выбор покрытия и нанесение краски: технологические регламенты, связанные со сваркой, противообрастающие покрытия, **мягкие покрытия в балластных танках морской воды**, ограничения, касающиеся использования красок, содержащих каменноугольные смолы.

6.5.2.1.2. Требования заказчика.

Конечной целью заказчика является, выбор системы, при которой бы была достигнута наименьшая стоимость при самом высоком сроке эксплуатации. Поэтому основные требования заказчика к системам покрытий:

- Экономически эффективные системы;
- Система должна иметь хорошие эксплуатационные свойства в соответствии с заданным сроком эксплуатации;
- Легкое инспектирование и нанесение;
- Легкий ремонт и обслуживание;
- Уровень надежности работы с поставщиком или производителем материалов, а также с самими материалами;
- Светлые цвета материалов в цистернах и замкнутых пространствах – легкое нанесение, осмотр и техническое обслуживание.

6.5.2.1.3. Интересы подрядчика.

Наиболее важным игроком в деле защиты от коррозии является подрядчик.

Основной интерес подрядчика – иметь экономически эффективные производства. Это означает, что они хотят иметь высокую скорость производства работ, предпочитают действовать в соответствии с типовыми (наработанными) технологическими регламентами, когда они могут использовать свой собственный опыт, имеющиеся технологии и навыки персонала. Их критерии выбора покрытия будут отражать:

- Дешевые решения;

- Предпочтительное использование собственных стандартных технологических регламентов;
- Простота нанесения, минимальное количество слоев, хорошая укрываемость;
- Высокая производительность и скорость производства работ;
- Большие максимальные интервалы перекрытия следующими слоями;
- Быстрое высыхание / полимеризация покрытий;
- Низкая температура нанесения;
- Готовность покрываемого изделия, наличие покрывающего материала;
- Толерантное отношение продуктов к подготовке поверхности для уменьшения качества ее очистки;
- Низкое содержание растворителя или полное его отсутствие;
- Доступность объектов для водоструйной и абразивоструйной очистки, а также для выполнения окрасочных работ, и чтобы на объекте обеспечивались условия отверждения покрытий;
- Светлые краски.

6.5.2.1.4. Технические аспекты, важные для поставщика покрытий.

Во многих случаях и заказчик, и подрядчик преобладают над поставщиком. Все втроем они должны согласовать, систему, которая будет использоваться. В основном производитель покрытия заинтересован в продаже системы, которая подходит для этой цели. Поэтому он должен изучить все технические аспекты, которые будут иметь влияние на эффективность покрытия и срок его службы:

- Ожидания заказчика относительно эффективности и срока службы как покрываемого изделия, так и защитной системы;
- Условия эксплуатации покрытия:
 - Внутри или снаружи помещений или конструкций;
 - Погружение или атмосферное воздействие;
 - Химическое воздействие;
 - Рабочая температура (плюс типичный диапазон температур в нештатном режиме);
 - Перевозимый/хранящийся груз
 - Механический износ, ударная нагрузка и т.п.;
- Тип и назначение конструкций;
- Подложка, на которую наносится покрытие;
- Размер и форма покрываемого изделия;
- Требуемая подготовка поверхности и возможность ее выполнения по месту;
- Способность выполнения работ подрядчиком:
 - Опыт работы и уровень квалификации персонала (нужно ли их обучение?);
 - Наличие оборудования для нанесения;
- Воздействующие условия при нанесении и отверждении конструкций – условия окружающей среды (влажность, температура и т.д.);
- Вид антикоррозионных работ:
 - Новое строительство/новые конструкции, необходимость применения операционной грунтовки;
 - Существующая система покрытий (при ремонтных работах) и ее повреждения;
- Организация строительства;
- Качество межоперационной грунтовки – неповрежденная, с полным удалением или выборочная абразивоструйная очистка;

- Техническое обслуживание;
- Достаточные толщины пленки краски, которые будут использоваться;
- Наличие катодной защиты в качестве дополнительной защиты;
- Критические требования по безопасности, например, для атомных электростанций, заглубленных трубопроводов, или торговых суден.

6.5.2.2. Документация на материалы и гарантии качества, как фактор выбора системы покрытий.

Сегодня, общество в целом, а также сама лакокрасочная отрасль очень ответственно относятся к качеству продукции. На все краски производителей должна быть предоставлена документация по свойствам покрытий. Система окраски может быть выбрана или отклонена на основании предоставленной или отсутствующей документации. Необходимая документация включает данные производителей о технических характеристиках материалов, санитарных и экологических данных. Кроме того, документально подтвержденный опыт предыдущих проектов, сертификаты и отчеты независимых испытаний, а также представляют интерес другие соответствующие документы о качестве и пригодности материалов.

6.5.2.2.1. Данные о продукции. Вся информация, касающаяся отдельных продуктов должна быть доступна в виде технических описаний материалов (TDS).

6.5.2.2.2. Санитарные и экологические данные. Изготовитель обязан обеспечить, наличие полной информации, касающейся воздействия используемого продукта на здоровье человека и окружающую среду. Содержащие Олова краски должны быть маркированы, а паспорта безопасности (SDS) должны включать всю необходимую информацию и меры предосторожности.

6.5.2.2.3. Практический опыт. Собственный опыт заказчика и подрядчика о защитных свойствах и технологических возможностях материалов играет существенную роль в выборе системы покрытия.

6.5.2.2.4. Испытание перед началом работ. Целесообразно проводить предварительные заводские испытания перед началом работ. Цель состоит в том, чтобы убедиться, что подрядчик имеет достаточно квалифицированный персонал, оборудование и знание продукта, чтобы выполнить эту работу. Предварительные производственные испытания должны быть проверены и одобрены представителями заказчика, подрядчика и производителя поставщика краски. Во время испытаний перед началом работы подрядчик изготавливает металлоконструкции, выполняет обработку поверхностей и покрасочные работы на больших образцах в соответствии с регламентом. Образцы используются в качестве эталонных объектов в случае возникновения споров. Разрушающие испытания, такие как тест, на адгезию, тестирование методом поперечных надрезов и т.д. можно осуществлять на пробных участках.

6.5.2.2.5. Ускоренные предварительные испытания систем покрытий на соответствие техническим требованиям должны быть основаны на испытаниях, проведенных:

- Независимыми сертифицированными исследовательскими лабораториями;
- Классификационными обществами (как правило, согласования) – Тип согласований, рекомендованные универсальные типы;
- Ведомственные испытания.

И в соответствии со стандартами:

- Организаций по стандартизации (ISO, NACE, SSPC, ASTM и т.п.);
- Отраслевыми стандартами (NORSOK и т.д.);
- Испытания, в целом признаваемые в отрасли.

Промышленность часто требует практического опыта, подкрепленного результатами испытаний лабораторных исследований. В большинстве случаев эти испытания проводятся на осно-

ве стандартных методов, а также на основе общепринятых испытаний. Сегодня наиболее важные методы испытания включают в себя:

- Конденсационную камеру, основанную на стандартизированных методах исследования.
- Камеру соляного тумана, на основе стандартизированных методов испытаний.
- Циклические испытания в морской воде / влажном воздухе
- Тестирования, производимые в условиях, имитирующих, реалистичные воздействия (тест-шкафы)
- Полевые испытания (на борту судна, на платформах, в промышленных зонах и т.д.).

6.5.2.2.6. Общая информация о гарантийных обязательствах.

Большинство дефектов являются причиной плохой предварительной подготовки поверхности или плохих условий во время нанесения грунтовки. По этой причине целесообразно, чтобы ответственность по гарантии перед заказчиком несла компания, выполняющая работу (подрядчик или завод-изготовитель металлоконструкций).

Производитель покрытия готов обсуждать гарантийные обязательства, поскольку есть вполне определенный стандарт для подготовки поверхности (обычно струйная очистка до степени Sa 2½) и при условии, что использована указанная ими система покрытия. Дефекты могут появляться в покрытии из-за его неудовлетворительного качества или они могут возникать в результате неправильного использования данного продукта. По этой причине, производитель для каждой партии покрытия сохраняет контрольные образцы ЛКМ на случай претензий.

6.5.2.3. Рекомендуемые комбинации защитных красок по ISO 12944-5.

В стандарте ISO 12944-5 приведено руководство по выбору систем окраски, для различных воздействий окружающей среды, степени подготовки поверхности, типа применяемой грунтовки и ожидаемого срока службы.

6.5.2.3.1. Классификация окружающей среды.

В соответствии с ISO 12944 окружающая среда разделяется на следующие категории:

Шесть атмосферных коррозионных категорий; C1 – очень низкая; C2 – низкая; C3 – средняя; C4 – высокая; C5-I – очень высокая (промышленная) C5-M – очень высокая (морская).

Три категории для воды и почвы: Im1 – погружение в пресную воду; Im2 – погружение в морскую или соленую воду; Im3 – заглубление в почву.

6.5.2.3.2. Окрашиваемые поверхности.

Новые конструкции.

Окрашиваемые поверхности новых конструкций, представляют собой низколегированные стали коррозионной категории А, В и С, как это определено в ISO 8501-1, а также из оцинкованной и металлизированной стали. Тип окрашиваемой поверхности и рекомендуемая степень подготовки поверхности приведены в прилагаемых к данному стандарту таблицах для каждой коррозионной категории среды.

Если поверхность стали ухудшилась до такой степени, что на ней имеет место точечная коррозия, (степень ржавления D по ISO 8501-1), толщина сухой пленки или количество слоев должно быть увеличено, чтобы компенсировать увеличение шероховатости поверхности, а производитель краски должен быть проинформирован, чтобы выдать рекомендации.

Для конструкций коррозионной категории C1 защита от коррозии не требуется. Если необходима их окраска с эстетической точки зрения, могут быть использованы системы, для коррозионной категория C2.

Если незащищенные стальные конструкции, предназначенные для эксплуатации в коррозионной категории С1, изначально транспортируются, временно сберегаются или производятся в условиях воздействия агрессивной среды (например, С4 или С5-М), коррозия начнется из-за содержащихся в воздухе загрязняющих веществ или солей и будет продолжаться даже тогда, когда стальные конструкции перемещаются в конечное расположение категории С1. Чтобы избежать этой проблемы, стальные конструкции должны быть защищены либо по месту во время хранения, либо с применением подходящей грунтовки. Толщина сухой пленки должна соответствовать ожидаемому времени хранения и агрессивности условий хранения.

Ремонтные работы.

Для обслуживания ранее покрытых поверхностей, необходимо проверить состояние существующего покрытия и поверхностей, используя подходящие методы, например ISO 4628-1 - ISO 4628-6, чтобы определить, необходимость частичной или полной перекраски. Необходимо определить тип подготовки поверхности и систему защитной окраски. Для рекомендаций следует проконсультироваться с производителем краски. Чтобы проверить рекомендации производителя и/или совместимость с предыдущей системой окраски, могут быть подготовлены тестовые участки.

6.5.2.3.3. Типы грунтовок.

Комбинации защитных красок, указанные в таблицах ISO 12944-5, содержат информацию об используемых типах грунтовки. Для целей этой части стандарта применяются два основных типа грунтовок в соответствии с типом содержащихся в них пигментов:

- Наполненная цинком грунтовка, Zn (R), – это такая грунтовка у которой содержание пигмента цинковой пыли в сухой части грунтовки не меньше 80% по массе.

Значение 80% цинковой пыли по массе в сухой пленке для цинковой грунтовки Zn (R) является основой долговечности, приведенной в таблицах систем окраски. В некоторых странах существуют национальные стандарты с минимальным содержанием цинковой пыли для наполненной цинком грунтовки Zn (R) выше, чем 80%. Более высокий уровень содержания пигментов цинковой пыли обычно улучшает износостойкость системы краски.

- Другие грунтовки (Misc.) – такие грунтовки, которые содержат пигмент фосфата цинка или другие антикоррозионные пигменты, а также те, которые содержат пигмент порошка цинка в сухой части краски меньше 80% по массе. Хромат цинка, красный свинец и плюмбат кальция используются редко из-за их вредного воздействия на здоровье и безопасность.

Пигмент пыли цинка должен соответствовать стандарту ISO 3549.

Способ определения содержания пигмента цинковой пыли в сухой части краски описан в ASTM D 2371.

6.5.2.3.4. Системы окраски с низким уровнем летучих органических компонентов.

Перечисленные в таблицах примеры систем окраски включают системы с низким содержанием ЛОС предназначены для удовлетворения требований к низким уровнем выбросов растворителей.

Для каждой коррозионной категории одна или две отдельные таблицы указывают, являются ли краски для данной системы окраски водо-растворимыми материалами, 1 компонентными или 2 компонентными. Некоторые системы окраски, указанные там, могут включать и высокотвердые и водосодержащие краски, как для грунтовки так для покрытия верхнего слоя, или комбинацию высокотвердых и водо-растворимых красок.

Для каждой коррозионной категории, отдельные таблицы указывают, доступны ли для данной лакокрасочной системы принятые краски в форме водо-растворимых материалов и являются ли они 1-компонентными или 2-компонентными. Некоторые из перечисленных систем окраски, могут включать в себя либо материалы с высоким сухим остатком, либо водоразбавляемые краски как для грунтовки, так и для верхних покрытий, или комбинации материалов с высоким сухим остатком и водоразбавляемых красок.

6.5.2.3.5. Толщина сухой пленки.

Существуют следующие определения толщины сухой пленки:

- **Толщина сухой пленки (ТСП)** – толщина покрытия, образующегося на поверхности, после отверждения покрытия.
- **Номинальная толщина сухой пленки (НТСП)** – толщина сухой пленки, определенная для каждого слоя, или для всей системы окраски, чтобы достичь требуемого срока службы.
- **Максимальная толщина сухой пленки (МТСП)** – самая высокая приемлемая толщина сухой пленки, превышение которой может ухудшить свойства краски или системы красок.

В таблицах рекомендуемых систем покрытий указана номинальная толщина сухой пленки. Толщина сухой пленки, как правило, проверяется на полной системе окраски. Если уместно знать толщину сухой пленки грунтовки или других слоев системы, может быть измерена толщина отдельной пленки.

Примечание: зависимости от калибровки прибора, метода измерения и толщины сухой пленки, шероховатость поверхности стали будет иметь различную степень влияния на результат измерения.

Способ и порядок проверки толщины сухих пленок на шероховатых поверхностях принимается в соответствии с ISO 19840, а для гладких и оцинкованных поверхностей в соответствии с ISO 2808, если иное не согласовано между заинтересованными сторонами.

Если не оговорено иное, при измерении ТСП должны применяться, как указано в ISO19840, следующие критерии приемки:

- Среднее арифметическое значение всех индивидуальных толщин сухой пленки должно быть равно или больше номинальной толщины сухой пленки (НТСП);
- Все индивидуальные толщины сухой пленки должны быть равны или выше 80% от НТСП;
- Индивидуальная толщина сухой пленки в пределах от 80% НТСП до НТСП приемлемы при условии, что число этих измерений составляет менее 20% от общего числа индивидуальных измерений;
- Все индивидуальные толщины сухой пленки должны быть меньше или равны заданной максимальной толщине сухой пленки.

Необходимо следить за тем, чтобы достичь номинальной толщины сухой пленки и избежать участков чрезмерной толщины. Рекомендуется, чтобы максимальная толщина сухой пленки (индивидуальное значение) не больше, чем в три раза превышала номинальную толщину сухой пленки. В тех случаях, когда толщина сухой пленки больше, чем максимальная толщина сухой пленки, между сторонами должно быть подписано экспертное соглашение. Для некоторых продуктов или систем, существует критическая максимальная толщина сухой пленки. К таким продуктам или системам применяется информация, приведенная в техническом описании производителя краски.

Количество покрытий и толщина сухой пленки, указанные в таблицах систем окраски, основаны на использовании для нанесения краски безвоздушного распыления. Нанесение валиком, кисточкой или обычным распыляющим оборудованием даст меньшую толщину пленки,

поэтому будет необходимо больше слоев, чтобы получить необходимую для системы толщину сухой пленки.

6.5.2.3.6. Срок службы.

Срок службы – ожидаемый срок службы защитной системы покрытий до первой основной ремонтной окраски.

Срок службы защитной системы окраски зависит от нескольких параметров, таких как:

- Тип системы окраски;
- Конструктивные решения конструкции;
- Степень подготовки поверхности;
- Качество работ по подготовке поверхности;
- Состояние всех соединений, кромок и сварных швов перед подготовкой;
- Уровень работ по нанесению;
- Условия нанесения покрытия;
- Условия воздействия среды после нанесения.

Состояние существующего лакокрасочного покрытия может быть оценено с использованием ISO 4628, части 1 – 6. Эффективность работ по подготовке поверхности может быть оценена с помощью ISO 8501-1 и ISO 8501-3.

При составлении таблиц систем окраски предполагалось, что первый капитальный ремонт системы покрытий необходимо будет осуществлять по соображениям защиты от коррозии после того, как покрытие достигло повреждений до уровня Ri 3, как это определено в ISO 4628-3.

Исходя из этого предварительного условия, износостойкость в ISO 12944-5 определяется тремя уровнями:

- Низкий (Н) от 2 до 5 лет;
- Средний (С) от 5 до 15 лет;
- Высокий (В) более 15 лет.

Срок службы это не гарантийный срок. Срок службы это техническое определение, которое поможет владельцу установить программу обслуживания. Гарантийный срок является предметом положений в контракте. Гарантийный срок обычно короче, чем предел срока службы. Нет никаких определенных правил, которые связывали бы срок службы со сроком гарантии.

Лакокрасочные системы, имеющие срок службы от 5 до 15 лет, все классифицируются как системы со «средним» сроком службы. Крайне важно, чтобы пользователи были осведомлены о широком диапазоне среднего срока и принять это к сведению при разработке систем покрытий.

Иногда ремонт приходится производить чаще, из-за выцветания, загрязнения, износа и других эстетических причин.

6.5.2.3.7. Нанесение покрытий в заводских условиях и на монтажной площадке.

Чтобы гарантировать максимальную эффективность системы окраски, большинство слоев или, если возможно, то вся система покрытия, должна наноситься в заводских условиях.

Преимущества нанесения краски в заводских условиях следующие:

- 1) Лучший контроль нанесения;
- 2) Контролируемая температура;
- 3) Контролируемая относительная влажность;

- 4) Упрощение ремонта повреждения;
- 5) Высокая производительность;
- 6) Лучший контроль над отходами и загрязнениями.

Вместе с тем, нанесения краски в заводских условиях имеет и недостатки:

- 1) Возможны ограничения размеров элементов строительных конструкций;
- 2) Возможны повреждения при транспортировке и монтаже;
- 3) Может быть превышено время перекрытия;
- 4) Возможно загрязнение последнего слоя.

После завершения монтажных работ, любые повреждения, должны быть отремонтированы в соответствии с принятыми системами покрытий.

Примечание: Места, где проведены ремонтные работы, всегда будут оставаться заметными. Это одна из причин, почему, когда предъявляются высокие эстетически требования к внешнему виду, верхний слой по всей поверхности рекомендуется всегда наносить по месту.

Нанесение системы покрытий на монтаже будет сильно зависеть от погодных условий, которые также оказывают влияние на ожидаемый срок службы.

Если необходимо окрашивать соединения, несущие нагрузку, необходимо использовать систему окраски, которая не приведет к уменьшению предварительного натяжения. Выбор системы окраски и меры предосторожности, принятые для таких соединений, будут зависеть от типа конструкции, последующей сборки и транспортировки.

6.5.2.3.8. Таблицы окрасочных систем.

6.5.2.3.8.1. Пользование таблицами.

Таблицы, приведенные в стандарте ISO 12944-5, содержат примеры окрасочных систем для различных окружающих сред. Краски, данные во всех этих системах, будут соответствовать самому высокому коррозионному воздействию конкретной атмосферной коррозионной категории или категории погружения. Разработчик должен удостовериться, что приведенным в документации данным или заявлениям производителя краски, имеется подтверждение на пригодность или долговечность системы краски для использования в данной коррозионной категории. При необходимости, пригодность или долговечность окрасочной системы должна быть продемонстрирована на опыте и/или лабораторными методами испытаний эффективности системы в соответствии с ИСО 12944-6 или другими согласованными методами.

Системы окраски размещены в таблицах, исходя из двух различных принципов:

1) Таблицы, в которых приведен список систем для более чем одной коррозионной категории (называются суммирующими таблицами). Эти системы располагаются в соответствии с типом связующего вещества, используемого в верхнем покрытии. Такое расположение более удобно, когда в качестве основы для выбора системы используются эксплуатационные свойства финишного покрытия, а также для сравнения общей долговечности лакокрасочных систем для более чем одной коррозионной категории, когда коррозионная категория точно не известна.

2) Таблицы (их называют индивидуальными таблицами), в которых размещены окрасочные системы только для одной коррозионной категории (за исключением категорий C5-I и C5-M, которые рассматриваются как одна категория). Системы окраски организованы в соответствии со связующим веществом, которое используется в грунтовочном покрытии. Такая организация удобна для пользователей, которые знают точно коррозионную категорию окружающей среды, которой будет подвержена их конструкция.

Системы окраски, указанные в стандарте ISO 12944-5, были выбраны в качестве типовых систем. Это привело к тому, что некоторые приведенные в стандарте системы, не обязательно

являются типичными или применяемыми в некоторых странах. Однако было принято решение, что не может быть приведен простой обзор, и не могут быть охвачены все варианты систем.

Если разработчик намеревается использовать систему окраски, указанную в таблицах, он должен сначала выбрать, будет ли он использовать систему окраски суммирующих таблиц или индивидуальных таблиц, потому что нумерация систем различна в этих двух типах таблиц.

Примеры таких таблиц приведены в табл. 6.2 и 6.3.

Системы краски, приведенные в таблицах А.1 А.8 стандарта ISO 12944-5: 2007 являются только примерами. Применение других систем красок, имеющих такую же эффективность, также возможно. Если используются эти примеры, необходимо убедиться, что выбранные системы краски соответствуют указанной долговечности, при условии выполнения покрасочных работ согласно технологическому регламенту.

6.5.2.3.8.2. Параметры, влияющие на срок службы.

На практике некоторые системы имеют доказанную долговечность намного выше, чем 15 лет, а также целый ряд случаев, когда срок службы превысил 25 лет. В общих чертах, увеличение общей толщины сухой пленки и количества слоев способствует продлению срока службы окрасочной системы. Кроме того, выбор системы, предназначенной для среды, коррозионная категория которой выше, чем предусматривается, обеспечит более высокий срок службы по сравнению с системой, используемой для среды с низшей коррозионной категорией.

Категория С5-I в целом охватывает атмосферные условия, которые могут встречаться в различных промышленных районах. Следует проявлять особую осторожность при разработке систем покрытий для деталей оборудования или стальных конструкций, которые могут подвергаться воздействию специфических химических проливов, протечек труб или сильных загрязнений воздуха.

В течение указанного срока годности краски могут быть использованы без учета влияния их возраста на нанесение краски или на характеристики полученного покрытия.

6.5.2.3.8.3. Обозначение приведенных систем окраски.

Система краски, приведенная в таблицах А.1-А.8 обозначается ее номером, приведенной в левой колонке в каждой таблице. Обозначение должно быть дано в следующем виде (пример взят из таблицы А.2 для системы окраски № А1.03):

ISO 12944-5 / А1.03.

В тех случаях, когда слои с различными связующими веществами приведены под одним и тем же номером системы окраски, обозначение должно содержать связующее, используемое в грунтовке и в последующих покрытиях. Обозначение системы должно быть приведено в следующей форме (пример, взятый из таблицы А.5 для системы окраски № А5М.01):

ISO 12944-5 / А5М.01-EP / PUR.

Если система краски не может быть отнесена ни к одной из систем, приведенных в таблицах А.1 - А.8, должна быть приведена полная информация, касающаяся подготовки поверхности, универсального типа связующего, количества слоев, номинальной толщины сухой пленки и т.д., таким же самым способом, как указано в таблицах стандарта (см. таблицы 6.2 и 6.3).

Таблица 6.3. – Окрасочные системы для низколегированной углеродистой стали для коррозионных категорий C5I и C5M (Таблица А.5 ISO 12944-5: 2007).

Окрашиваемая поверхность: низколегированная углеродная сталь.										
Подготовка поверхности: Sa 2½, только для категории ржавления А, В или С (по ISO 8501 -1)										
№ системы	Грунтовка				Последующие слои	Система окраски		Ожидаемый срок службы		
	Связующее	Тип грунтовок	Число слоев	НТСП ^b , мкм		Связующее	Число слоев			
C5-I										
A5I.01	EP, PUR	Misc.	1-2	120	AY, CR, PVC ^c	3-4	200			
A5I.02	EP, PUR	Misc.	1	80	EP, PUR	3-4	320			
A5I.03	EP, PUR	Misc.	1	150	EP, PUR	2	300			
A5I.04	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	EP, PUR	3-4	240			
A5I.05	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	EP, PUR	3-5	320			
A5I.06	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	AY, CR, PVC ^c	4-5	320			
C5-M										
A5M.01	EP, PUR	Misc.	1	150	EP, PUR	2	300			
A5M.02	EP, PUR	Misc.	1	80	EP, PUR	3-4	320			
A5M.03	EP, PUR	Misc.	1	400	—	1	400			
A5M.04	EP, PUR	Misc.	1	250	EP, PUR	2	500			
A5M.05	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	EP, PUR	4	240			
A5M.06	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	EP, PUR	4-5	320			
A5M.07	EP, PUR, ESI ^d	Zn (R)	1	60 ^e	EPC	3-4	400			
A5M.08	EPC	Misc.	1	100	EPC	3	300			
Связующее для грунтовочного слоя		Тип	Возможность водорастворимых		Связующее для последующих слоев		Тип	Возможность водорастворимых		
EP = Эпоксидное		2-комп.	X		EP = Эпоксидное		2-комп.	X		
EPC = Эпоксидно-углеводородное		2-комп.			EPC = Эпоксидно-углеводородное		2-комп.			
ESI = Этилсиликат		1- или 2-комп.	X		PUR = Полиуретан, алифатический		1- или 2-комп.	X		
PUR = Полиуретан, ароматический или алифатический		1- или 2-комп.	X		CR = Хлоркаучук		1-комп.			
					AY = Акриловое		1-комп.	X		
					PVC = Поливинилхлорид		1-комп.			
<p>a) Zn (R) = Цинкнаполненные грунтовки, см 5.2. Misc = Грунтовки с разными типами антикоррозионных пигментов.</p> <p>b) НТСП = Номинальная толщина сухой пленки. См 5.4 для получения более подробной информации.</p> <p>c) Рекомендуется совместимость проверять с производителем краски.</p> <p>d) Для ESI грунтовок рекомендуется, чтобы один из последующих слоев был использован в качестве связующего покрытия.</p> <p>e) Кроме того, можно работать с НТСП от 40 мкм до 80 мкм, при условии, что выбранные цинкнаполненные грунтовки подходят для такой НТСП.</p>										

6.5.2.3.8.4. Рекомендации по выбору соответствующей системы окраски.

- Определить коррозионную категорию среды (макроклимат), где будет располагаться конструкция (ИСО 12944-2).
- Установить, существуют ли специальные условия (микроклимат), которые могут привести к более высокой коррозионной категории (ИСО 12944-2).
- Просмотреть соответствующие таблицы, приведенные в стандарте.
- Определить в таблицах системы красок с требуемым сроком службы.
- Выбрать оптимальный вариант, принимая во внимание метод подготовки поверхности, который будет использоваться.
- Обратиться к производителям красок для того, чтобы подтвердить выбор и определить, какие коммерчески доступные системы краски соответствуют выбранной окрасочной системе.

6.5.2.4. Контрольный перечень вопросов для выбора покрытия.

Как следует из вышеизложенного, выбор системы покраски является достаточно сложным процессом и должен быть выполнен индивидуально. Поэтому нельзя одну и ту же полную процедуру, применять для всех случаев. Тем не менее, может быть использовано несколько общих положений в качестве контрольного списка:

- Перед нанесением выбранного покрытия убедитесь, что известны все законодательные акты, касающиеся нанесения и использования покрытия, а также использования строительных конструкций.
- Убедитесь, что были учтены все необходимые меры предосторожности для защиты персонала, наносящего покрытие, и окружающей среды;
- Убедитесь, что подрядчик имеет ли средства и навыки для выполнения качественной работы с выбранной системой;
- Известен ли требуемый / ожидаемый срок службы системы и способна ли предлагаемая система удовлетворить этому требованию?
- Проводилась ли предварительная проверка существующей системы покрытий на совместимость с предлагаемой к нанесению краской?
- Правильно ли определена система окраски и соответствуют ли краски техническим требованиям, изложенным в технических описаниях?
- Подходит ли предлагаемая система окраски для защиты конструкций и ее элементов, о которых идет речь?
- Предусмотрено ли многослойное решение с применением слоев покрытий контрастных цветов для улучшения условий нанесения и инспектирования?
- Частота, методы и процедуры обслуживания покрытий при эксплуатации соответствуют ли выбранной системе?
- Будет ли использоваться катодная защита для поддержания системы краски? Если да, то выбираемая защитная система покрытия должна быть совместима с дополнительной системой катодной защиты.
- Сопровождаются ли продукты подробными техническими описаниями и паспортами безопасности?
- Соответствуют ли приведенные удовлетворительные характеристики материалов результатам испытаний и другим имеющимся требованиям?
- Способен ли производитель обеспечить адекватную техническую поддержку?

Используя этот список, инспектор должен оценить решения о правильном выборе системы покрытий.

6.5.3. Определение расхода красок.

Часто возникает много вопросов при расчете расхода краски. Различные производители краски в своих коммерческих предложениях приводят величины расхода красок без расчетов.

В таких случаях не представляется возможным определить истинные затраты на ЛКМ без применения унифицированного метода расчета. Для расчета правильных величин расхода материалов необходимо иметь следующие параметры:

1. Содержание сухого вещества применяемых материалов в объемных процентах.
2. Рекомендуемая толщина сухой пленки.
3. Количество слоев.
4. Площадь поверхности и состояние участков окрашиваемой поверхности.
5. Способ нанесения.
6. Стоимость 1 л. краски.
7. Коэффициент потерь.

6.5.3.1. Сухой (твердый) остаток краски.

Сухой (твердый) остаток краски – это отношение количества ее нелетучих компонентов к полному мокрому количеству. Оставшийся процент объема состоит из летучих растворителей или разбавителей.

Твердая часть краски является пленкообразующими вещества покрытия, которые будут оставаться на поверхности после сушки или отверждения.

Европейские производители в технических описаниях своей продукции всегда указывают сухой остаток по объему, который является единственно верным основанием для расчета требуемых расходов краски. Содержание сухих веществ по массе, часто приводимое для большинства покрытий, является величиной, не имеющей смысла.

Сухой остаток краски в объемных процентах содержится в техническом описании продукта (TDS), но также может быть определен или проверен с применением стандартизированных тестов.

Сухой остаток по объему будет соответствовать отношению толщины равномерно нанесенной на гладкую поверхность сухой пленки (ТСП) к толщине мокрой пленки (ТМП) (см. рисунок 6.5). Поэтому, зная сухой остаток краски по объему, можно легко рассчитать ТМП краски при заданной в спецификации на окраску толщине сухой пленки:



Рисунок 6.5. – Соотношение толщины сухой и мокрой пленки.

$$ТМП = \frac{ТСП}{\text{Сухой остаток по объему (\%)}} \times 100\%$$

Если наносимый продукт, например, имеет Объем Твердого вещества 80%, тогда на каждые 100 микрон Толщины нанесенной Мокрой пленки, после твердения покрытия останется 80 микрон Толщины Сухой пленки.

Отечественные производители по старинке указывают Сухой (твердый) остаток краски по массе, что не дает возможность выполнять расчеты расхода краски в зависимости от требуемой толщины сухой пленки покрытия, а пользоваться данными производителя о расходе краски на один слой в кг/м². В этом случае толщину мокрой и сухой пленки можно приблизительно оценить только после выполнения тестов, а значит и сложно прогнозировать ожидаемый срок службы покрытия.

При добавлении растворителя в краску сухой остаток краски уменьшается. В таблице 6.4 приведен сухой остаток краски по объему в зависимости от начального сухого остатка и количества растворителя, добавленного в краску.

Таблица 6.4. – Сухой остаток краски по объему в зависимости от начального сухого остатка и количества растворителя, добавленного в краску.

Изначальный сухой остаток краски по объему, %	Изменение сухого остатка краски при добавлении растворителя, в объемных процентах										
	2%	5%	7%	10%	12%	15%	17%	20%	25%	30%	35%
100%	98	95	93	91	89	87	85	83	80	77	74
95%	93	90	89	86	85	83	81	79	76	73	70
90%	88	86	84	82	80	78	77	75	72	69	67
85%	83	81	79	77	76	74	73	71	68	65	63
80%	78	76	75	73	71	70	68	67	64	62	59
75%	74	71	70	68	67	65	64	63	60	58	56
70%	69	67	65	64	63	61	60	59	56	54	52
65%	64	62	61	59	58	57	56	54	52	50	48
60%	59	57	56	55	54	52	51	50	48	46	44
55%	54	52	51	50	49	48	47	46	44	42	41
50%	49	48	47	46	45	44	43	42	40	39	37
45%	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	33
40%	39	38	37	36	36	35	34	33	32	31	30
35%	34	33	32	31	31	30	30	29	28	27	26
30%	29	29	28	27	27	26	26	25	24	23	22

6.5.3.1.1. Расчет сухого остатка краски после ее разбавления.

Если сухой остаток краски по объему до разбавления составляет n (%), то в 100 мл краски содержится $(100 - n)$ мл летучих органических соединений.

После добавления в краску m (%) по объему растворителя/разбавителя, количество краски увеличится до $(100 + m)$ мл, а количество летучих органических соединений в этом объеме краски составит $(100 - n + m)$ мл, в то время как сухой остаток краски останется неизменным – n мл.

Процентное содержание сухого остатка краски после ее разбавления определяется из отношения объема сухого остатка краски к ее полному объему по формуле:

$$\text{Сухой остаток краски после разбавления} = \frac{n}{100 + m} \times 100\%$$

Пример: определить сухой остаток краски после ее разбавления на 10% по объему, если до разбавления сухой остаток составлял 67%, а также какая должна быть толщина мокрой пленки после разбавления краски, если толщина сухой пленки должна составлять 100 мкм.

Решение:

Сухой остаток краски после ее разбавления:

$$\text{Сухой остаток краски после разбавления} = \frac{67}{100 + 10} \times 100\% = 60,9\%$$

Требуемая толщина мокрой пленки:

$$\text{ТМП} = \frac{\text{ТСП}}{\text{Сухой остаток по объему (\%)}} \times 100\% = \frac{100 \text{ мкм}}{60,9\%} \times 100\% = 164 \text{ мкм}$$

6.5.3.2. Кроющая способность лакокрасочного материала.

Под кроющей способностью лакокрасочного материала (англ. – spreading rate) следует понимать значение площади окрашиваемой поверхности, которая может быть окрашена данным количеством лакокрасочного материала с образованием высохшего лакокрасочного покрытия заданной толщины (см. ГОСТ 28246-2006 «материалы лакокрасочные. Термины и определения» с учетом ISO 4618-1:1998 и ISO 4618-2:1999).

Кроющую способность лакокрасочного материала измеряют, как правило, в квадратных метрах на литр или в квадратных метрах на килограмм ($\text{м}^2/\text{л}$ или $\text{м}^2/\text{кг}$).

Не следует путать кроющую способность ЛКМ с его укрывистостью.

Укрывистость лакокрасочного материала (англ. – hiding power) – его способность делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности.

Другими словами укрывистость – это толщина пленки наносимого покрытия, при которой контрастный цвет окрашиваемой поверхности становится полностью невидимым (см. ГОСТ 28246-2006).

Кроющая способность ЛКМ – обратная величина расхода краски в объемных (массовых) единицах на единицу площади окрашиваемой поверхности для конкретно заданной толщины сухой пленки покрытия.

Различают Теоретическую, и Практическую кроющую способность краски.

6.5.3.2.1. Теоретическая кроющая способность краски.

Теоретическая кроющая способность краски – это кроющая способность лакокрасочного материала, рассчитанная только из объема нелетучих веществ лакокрасочного материала. Это теоретический показатель, который определяется исключительно математическим подсчетом при условии, что окрашиваемая подложка (основание) абсолютно ГЛАДКАЯ и НЕ ПОРИСТАЯ, а толщина наносимой пленки абсолютно равномерная.

При подсчете теоретической кроющей способности краски используется сухой (твердый) остаток краски по объему и требуемая толщина сухой пленки.

6.5.3.2.1.1. Расчет теоретической кроющей способности краски.

Для определения теоретической кроющей способности краски рассмотрим схему равномерной пленки ЛКМ, нанесенной на идеальную поверхность (рисунок 6.6).

Определим теоретический объем мокрой пленки покрытия, нанесенного на 1 м^2 окрашиваемой поверхности, который будет эквивалентен теоретическому расходу краски:

$$\begin{aligned} V_{\text{т.м.}} &= a(\text{дм}) \times b(\text{дм}) \times \text{ТМП}(\text{дм}), \quad \text{л} = 10(\text{дм}) \times 10(\text{дм}) \times \frac{\text{ТМП}(\text{мкм})}{100000}, \quad \text{л} = \\ &= \frac{\text{ТМП}(\text{мкм})}{1000}, \quad \text{л} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Здесь $TМП$ – толщина мокрой пленки покрытия, задаваемая в (мкм). Для перевода (мкм) в (дм) необходимо мкм поделить на 1000 (перевод в мм), на 10 (перевод в см) и еще раз на 10 (перевод в дм), т.е. в общем надо поделить на $100 \cdot 000$.

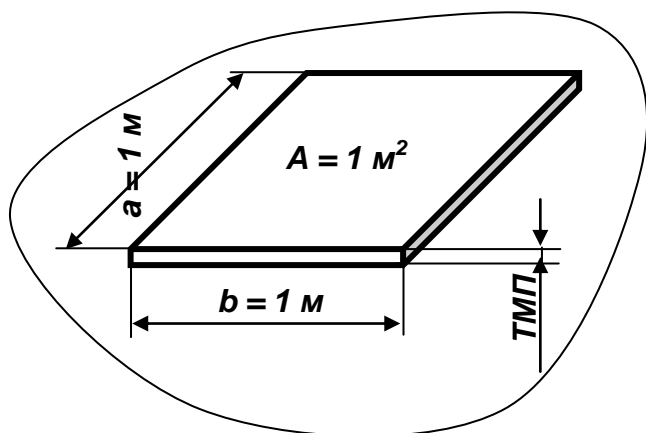


Рисунок 6.6. – Расчетная схема к определению теоретического расхода краски.

Выразим толщину мокрой пленки $TМП$ через толщину сухой пленки покрытия ($TСП$) и сухой остаток краски по объему, выраженный в %:

$$TМП = \frac{TСП}{\text{Сухой остаток по объему}(\%)} \times 100\% \quad (6.2)$$

Подставив (6.2) в (6.1), получим теоретический расход краски $ТРК = V_{т.м.}$:

$$ТРК, \text{ л/м}^2 = \frac{TСП, \text{ мкм}}{\text{Сухой остаток по объему}(\%) \times 10} \quad (6.3)$$

Теоретическая кроющая способность ($ТКС$) подсчитывается как обратная величина теоретическому расходу краски:

$$ТКС, \text{ л/м}^2 = \frac{1}{ТРК} .$$

Примеры:

- Если продукт имеет сухой остаток по объему 100%, он не подвергается «УСЫХАНИЮ», и при толщине сухой пленки ($TСП$) 1мм (1000 мкм) на гладкой поверхности равномерной пленкой он покроет $1 \text{ м}^2/\text{л}$.
- Если этот же продукт нанесен в 100 микрон сухой пленки, он покроет $10 \text{ м}^2/\text{л}$.
- Если же продукт, имеющий сухой остаток 50% по объему, нанесен в 100 микрон сухой пленки, его теоретическая кроющая способность уменьшится вдвое – до $5 \text{ м}^2/\text{л}$.

6.5.3.2.2. Практическая кроющая способность краски.

Практическая кроющая способность лакокрасочного материала – кроющая способность лакокрасочного материала, полученная на практике при окраске конкретной окрашиваемой поверхности (см. ГОСТ 28246-2006).

Другими словами, практическая кроющая способность ЛКМ – это среднее значение площади окрашиваемой поверхности, которая может быть укрыта определенным объемом (или массой) краски (или лака) при нанесении установленным методом в один слой заданной толщины в фактических условиях.

В действительности **практическая кроющая способность краски** будет всегда ниже теоретической из-за **потерь краски** при нанесении.

Практическая кроющая способность краски ($ПКС$) ориентировочно определяется как показатель, получаемый также расчетным путем, но отличается от теоретической кроющей способности ($ТКС$) тем, что она учитывает все прогнозируемые потери краски при нанесении:

$$ПКС, \text{ м}^2 / \text{л} = \frac{ТКС, \text{ м}^2 / \text{л} \times (100\% - \text{Потери при нанесении, \%})}{100\%} .$$

6.5.3.3. Потери краски при нанесении.

Потери краски при нанесении подразделяются на прямые и косвенные. (рисунок 6.7).

Потери краски при нанесении зависят от многих факторов. К основным из них относятся:

- Сложность окрашиваемой поверхности;
- Профиль поверхности после ее очистки;
- Условия при нанесении покрытий (наличие ветра);
- Способ нанесения покрытия;
- Квалификация маляра.

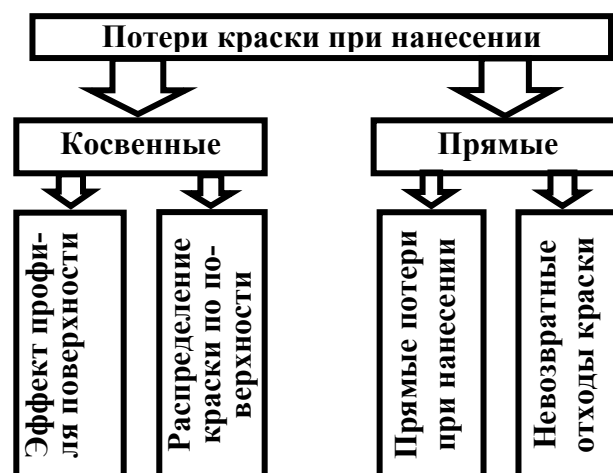


Рисунок 6.7. – Классификация потерь краски при нанесении.

6.5.3.3.1. Классификация окрашиваемых поверхностей по группам сложности.

В соответствии с ведомственными строительными нормами Минмонтажспецстроя СССР (ВСН 447–84) «Нормативы расхода лакокрасочных и вспомогательных материалов при окраске стальных строительных конструкций на монтажной площадке» строительные стальные конструкции на монтажной площадке по группам сложности классифицируются:

I группа сложности

- Конструкции из листовой стали всех толщин шириной **более 300 мм**.
- Балки двутавровые (номер профиля с 40 по 90)
- Конструкции и трубы с наружным диаметром более 300 мм

II группа сложности

- Конструкции из листовой стали всех толщин шириной **от 150 до 300 мм**.
- Балки двутавровые (номер профиля с 22 по 36)
- Угловой профиль (номер профиля с 16 до 25)
- Швеллеры (номер профиля с 16 по 40)

III группа сложности

- Конструкции из листовой стали всех толщин шириной **менее 150 мм**.
- Конструкции из профильного проката:балок двутавровых (номер профиля с 10 по 16),
- Углового профиля и швеллеров (номер профиля с 5 по 14).
- Круглой стали и труб с наружным диаметром менее 150 мм.

6.5.3.3.2. Косвенные потери.

К косвенным потерям относят краску, которая, хотя и попала на окрашиваемую поверхность, но не учитывается при измерении толщины пленки покрытия.

К таким потерям относят:

- Краску, которая заполняет неровности поверхности, прежде всего связанную с ее шероховатостью после абразиво-струйной очистки.
- Неравномерное распространение краски по поверхности, которое будет тем выше, чем сложнее форма конструкции.

6.5.3.3.2.1. Эффект профиля поверхности.

Поверхность стали после абразивоструйной очистки имеет шероховатый профиль. Толщина покрытия на пиках поверхности меньше, чем толщина на впадинах. Краска, ниже выступов профиля не учитывается в толщину покрытия. Считается, что она потеряна «в профиле стали».

В таблице 6.5 приведена зависимость величины «мертвого объема» от шероховатости профиля окрашиваемой поверхности.

Таблица 6.5. – Зависимость величины «мертвого объема» от шероховатости профиля окрашиваемой поверхности.

Шероховатость (R_y), мкм	30	45	60	75	90	105
Мертвый объем, л/м²	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07

Чтобы не запоминать всю таблицу, достаточно запомнить, что на каждые 15 мкм шероховатости поверхности R_{y5} потери краски составляют 0,01 л/м².

В зависимости от шероховатости поверхности к теоретическому расходу краски необходимо добавлять мертвый объем, чтобы получить теоретический расход краски с учетом шероховатости поверхности.

В соответствии с ведомственными строительными нормами Минмонтажспецстроя СССР (ВСН 447–84) влияние шероховатости поверхности на потери краски учитывается коэффициентом характеристик окрашиваемых поверхностей K_2 . Максимально допустимые значения приведены в таблице 6.6 и применяются в зависимости от требований, предъявляемых к покрытию.

Таблица 6.6. – Значения коэффициентов K_2

Характеристика поверхности	Слой покрытия		
	первый	второй	последующий
ГЛАДКАЯ:			
Металлопрокат холоднокатаный Поверхности после шпатлевания и фосфатирования	1,00	1,00	1,00
ШЕРОХОВАТАЯ:			
1. Металлопрокат холоднокатаный, обработанный металлическим песком	1,10	1,00	1,00
2. Металлопрокат горячекатаный после ручной обработки металлическими щетками, абразивом	1,15	1,05	1,00

Этот способ учета шероховатости не учитывает величины шероховатости поверхности, а фактически только ее наличие или отсутствие. В действительности же, в зависимости от применяемого абразива шероховатость поверхности может изменяться от 35 до 120 мкм.

С другой стороны, если пользоваться таблицей 6.6, потери на шероховатости с увеличением толщины слоя грунтовки будут увеличиваться. Это себя оправдывало, когда все покрытия были тонкопленочными, и тогда большой разницы в потерях на шероховатость между различными типами грунтовок не наблюдалось. Но когда толщина пленки грунтового слоя может варьироваться от 40 до 200 мкм, потери на шероховатость таких покрытий с применением коэффициента характеристик окрашиваемых поверхностей K_2 будут существенно отличаться, хотя при одинаковых сухих остатках разных покрытий они должны быть фактически одинаковыми и зависеть только от мертвого объема.

Поэтому учет шероховатости при расчетах практического расхода краски точнее будет при использовании мертвого объема.

6.5.3.3.2. Неравномерное распределение краски по поверхности.

Самый опытный маляр не сможет обеспечить одинаковую толщину покрытия по всей поверхности окрашиваемой конструкции. Поэтому во внимание, в основном, принимается та часть краски, которая не меньше заданной в спецификации минимальной толщины покрытия, а часть краски, которая образует толщину покрытия, превышающую требуемую спецификацией толщину, относится к косвенным потерям вследствие неравномерного распределения краски по окрашиваемой поверхности. Неравномерность нанесения краски по поверхности зависит от многих факторов, но в первую очередь от сложности окрашиваемых конструкций.

Распределение краски по поверхности может быть учтено коэффициентом групп сложности окрашиваемой поверхности K_1 по ВСН 447–84 (см. таблицу 6.7)

Таблица 6.7. – Значения коэффициентов K_1

Методы окрашивания	Коэффициент K_1 в зависимости от групп сложности поверхности		
	I	II	III
Пневматическое распыление	1,00	1,16	1,77
Безвоздушное распыление без нагрева	1,00	1,25	1,87
Кисть*	1,00	–	–

* При окрашивании кистью поверхности по группам сложности не классифицируются.

Косвенные потери краски в % можно оценить с помощью коэффициентов K_1 и K_2 :

$$\text{Потери, \%} = \left(1 - \frac{1}{K_{1,2}} \right) \times 100\% .$$

Например, если для II группы сложности окрашиваемой поверхности при безвоздушном распылении коэффициент $K_1 = 1,25$, то потери краски только за счет распределения по поверхности составят:

$$\text{Потери, \%} = \left(1 - \frac{1}{1,25} \right) \times 100\% = 20\% ,$$

а расход краски соответственно увеличится в 1,25 раза, т.е. на 25%.

6.5.3.3.3. Прямые потери.

К прямым потерям относят ту часть краски, которая не попала на окрашиваемую поверхность.

При нанесении покрытия распылением часть краски попадает в воздух, а при нанесении кистью – отдельные капли краски падают на пол. Эти потери относят к потерям, непосредственно связанным с нанесением.

Кроме того, часть краски остается на стенках банки, в окрасочном аппарате, на инструментах, в растворителе, применяемом для промывки оборудования и инструментов. Эти потери относят к невозвратным отходам краски.

Прямые потери при нанесении по ВСН 447–84 учитываются коэффициентом полезного использования ЛКМ (см. таблицу 6.8). Этот коэффициент показывает, какая часть краски попадает на поверхность в зависимости от ее сложности и метода нанесения.

Прямые потери краски при нанесении в % можно оценить с помощью коэффициента полезного использования K :

$$\text{Потери, \%} = (1 - K) \times 100\% .$$

Например, если для II группы сложности окрашиваемой поверхности при безвоздушном распылении коэффициент $K = 0,60$, то прямые потери краски при нанесении составят:

$$\text{Потери, \%} = (1 - 0,60) \times 100\% = 40\% ,$$

а расход краски соответственно увеличится в $\left(\frac{1}{K}\right) = \frac{1}{0,6} = 1,67$ раз, т.е. на 67%.

Таблица 6.8. – Значения коэффициентов полезного использования.

Методы окрашивания	Коэффициент полезного использования ЛКМ в зависимости от групп сложности поверхности		
	I	II	III
Пневматическое распыление	0,71	0,61	0,40
Безвоздушное распыление без нагрева	0,75	0,60	0,40
Кисть*	0,90	–	–

* При окрашивании кистью поверхности по группам сложности не классифицируются.

6.6. Действия инспектора при нанесении покрытий.

6.6.1. Перед началом работы:

- Ознакомиться с проектной документацией;
- Ознакомиться с документами на связанные с работами по нанесению покрытий, на которые есть ссылки в спецификации;
- Ознакомиться со всеми техническими описаниями (TDS) для применяемых покрытий;
- Пройти обучение, касающиеся незнакомых материалов, у производителей покрытия и/или незнакомого испытательного оборудования – у соответствующих производителей;
- Проверить спецификацию и сообщите заказчику о выявленных несоответствиях, противоречиях и/или некорректных заявлениях и утверждениях.
- Подтвердить и задокументировать, что представленные материалы соответствуют спецификации;
- Подтвердить и задокументировать, что представленные цвета соответствуют спецификации;
- Подтвердить и задокументировать, что подрядчик, наносящий покрытие, имеет все сертификаты, указанные заказчиком, или требуемые международными, национальными или местными нормами;
- Подтвердить и задокументировать, что высококвалифицированные рабочие имеют необходимые профессиональные свидетельства, удостоверения и подтверждения права допуска;
- Проверить планы подрядчиков для нанесения покрытий по хранению материалов покрытия и подтвердить, что они отвечают национальным, местным и внутренним противопожарным нормам и требования по охране окружающей среды;
- Проверить планируемое к применению оборудование подрядчика и подтвердить, что подрядчик намерен использовать правильное оборудование для нанесения покрытий и др. процедур в соответствии с требованиями спецификации и производителя покрытий;
- Убедиться, что для нанесения покрытия было заказано достаточное количество материалов;
- Убедиться, что все необходимое для проекта испытательное оборудование имеется в наличии;
- Проверить все оборудование (в том числе средства индивидуальной защиты), чтобы убедиться, что оно находится в рабочем состоянии и все запасные части и гальванические элементы имеются в достаточном количестве;
- Настроить все компьютерные системы, связанные с необходимой документацией;

- Подготовиться к проведению всех лабораторных испытаний поставляемых ЛКМ, требуемых по спецификации;
- Быть в курсе всех экологических и утилизационных норм.

6.6.2. По прибытии материалов покрытия:

Убедитесь, что полученные материалы соответствуют утвержденным материалам:

- Задokumentируйте общее состояние полученных материалов;
- Задokumentируйте номера партий, указанные на каждом ведре материала;
- Задokumentируйте дату изготовления и забракуйте любой материал, если истек его срок годности;
- Убедитесь, что полученные растворители и очистители, соответствуют техническим описаниям производителя материалов и любым специальным требованиям заказчика;
- Отберите образцы для отправки в лабораторию на тестирование, если это требуется спецификацией;
- Убедитесь, что было получено достаточное количество всех материалов;
- Подтверждение и документирование условий и температуры хранения;
- Подтверждение и документирование, что условия хранения отвечают требованиям как производителя материалов покрытий, так и заказчика, а также всем государственным регулированиям;
- Подтверждение и документирование, что необходимые компоненты имеются в необходимом количестве;
- Подтверждение и документирование, что были получены необходимые цвета.

6.6.3. На начало нанесения:

- Подтверждение и документирование, что была выполнена вся подготовка поверхности, и что поверхность на момент нанесения отвечает требуемым стандартам чистоты;
- Подтверждение и документирование, что условия окружающей среды находятся в пределах диапазона для используемого материала;
- Проверьте и задokumentируйте, что все необходимые маскирования неокрашиваемых участков находятся на месте и в рабочем состоянии. Сообщите куратору объекта о любых проблемах перед нанесением;
- Проверьте и документально подтвердите, что любые требуемые экологические средства контроля на месте и работают должным образом. Сообщите куратору объекта о любых проблемах перед нанесением;
- Убедитесь в том, что материалы, доставленные до места работы со склада, соответствуют спецификации как по номенклатуре, так и по цвету.
- Вести учет количества номера партии наносимого материала;
- Соблюдайте и документируйте, чтобы использовались правильные компоненты для многокомпонентных материалов;
- Подтверждение и документирование, что используется правильное оборудование для нанесения;
- Подтверждение и документирование, что настройка оборудования соответствует требованиям заказчика;
- Следите и документируйте любое порционное использование многокомпонентных материалов
- Соблюдайте и документируйте соотношение смешивания материалов;
- Соблюдайте и документируйте добавление любого разбавителя;
- Соблюдайте и документируйте внешний вид смешанного материала и сообщайте о любых нарушениях куратору проекта перед нанесением материала;
- Соблюдайте и документируйте любое требуемое время индукции;

- Соблюдайте и документируйте начало жизнеспособности, если это необходимо для использования материала;
- Просмотрите инструкции на испытательное оборудование;
- Проверьте и задокументируйте калибровку вашего инспекционного оборудования.

6.6.4. Во время нанесения:

- Соблюдайте жизнеспособность во время нанесения и докладывайте куратору проекта, если материал достиг конца своей жизнеспособности;
- Документируйте использование какого-либо материала, который был нанесен после окончания его жизнеспособности
- Следите за процессом нанесения материала и документируйте его, сообщайте о любых замеченных проблемах как можно скорее куратору проекта;
- При необходимости проверьте и документируйте толщину мокрой пленки;
- Следите и документируйте, чтобы оператор проверял толщину мокрой пленки через регулярные промежутки времени во время нанесения;
- Визуально проверьте работу аппарата и появление дефектов покрытия во время нанесения;
- Отчитывайтесь (составляйте протокол несоответствия) о любых замеченных недостатках как можно скорее, перед куратором проекта;
- Документируйте все наблюдаемые дефекты покрытия и их устранение;
- Проверьте, наличие несплошностей, точечных проколов и других неравномерностей нанесенного слоя, в обоснованные минимально приемлемые сроки во время и в конце нанесения;
- Соблюдать и документировать временные рамки и условия окружающей среды между каждым слоем;
- Проверьте чистоту каждого слоя перед нанесением последующего покрытия.

6.6.5. После того, как материал затвердеет:

- Визуально наблюдать и документировать любые несплошности;
- Провести тест несплошности покрытия, если это требуется, и в соответствии со спецификацией;
- Тестирование и документирование толщины сухой пленки (ТСП) нанесенного материала после того, как он затвердеет и в соответствии с установленным порядком;
- Тестировать (отрегулировать, если необходимо и позволено), подтверждать и документировать точность всех приборов, которые вы используете в начале и конце каждой смены;
- Выполнять любые другие тесты, такие как определение твердости, цвета или блеска, которые могут быть заданы спецификацией;
- Контролируйте и документируйте любой ремонт системы покрытия, необходимость которого вызвана вашей инспекцией.

6.6.6. В конце проекта:

- Соблюдать и документировать очистку проектной площадке
- Документ все материалы, оставшиеся и как они должны быть утилизированы в отношении нормативных требований

Основные термины и определения.

Покрытие – непрерывный слой металлического материала или непрерывная пленка лакокрасочного материала, в результате однослойного нанесения.

Система защитных покрытий – сумма общих слоев металлических и/или лакокрасочных материалов или относящихся к ним веществ, которые будут наноситься или уже нанесены на подложку, с целью обеспечения защиты от коррозии.

Подложка – поверхность, на которую материал покрытия нанесен или должен быть нанесен.

Долговечность – ожидаемый срок службы защитной системы покрытий до первой основной ремонтной окраски.

Грунтовочное покрытие – первый слой системы покрытий. Грунтовочное покрытие обеспечивает хорошую адгезию к достаточно шероховатому, очищенному металлу и/или очищенному старому покрытию, гарантируя прочную основу для адгезии последующих слоев. Как правило, оно также обеспечивает защиту от коррозии на период до перекрытия следующим слоем и всего срока службы системы покрытий.

Промежуточный слой – любой слой между грунтовочным покрытием и финишным/верхним покрытием. В английском языке термин «undercoat – грунтовка» иногда применяется синонимично, как правило, для промежуточного слоя, наносимого непосредственно перед верхним слоем.

Верхний слой – финишный слой системы покрытия. Верхний слой предназначен для защиты находящихся ниже слоев от воздействия окружающей среды и способствует общей антикоррозионной защите, а также придает системе необходимый цвет.

Связующий слой – слой, предназначенный для улучшения межслойной адгезии и/или для недопущения дефектов в течение нанесения.

Полосовой слой – дополнительный слой, предназначенные для гарантирования адекватной защиты критических или труднодоступных участков, таких как кромки, сварочные швы и т.п.

Межоперационная грунтовка – быстро сохнущая краска, которая наносится тонким слоем на очищенный абразивоструйным методом стальной прокат для защиты стали во время изготовления конструкций, не препятствуя сварке и резке.

Толстослойные покрытия – покрытия, наносимые большой толщиной за один слой (по ISO 12944-5 ТСП>80).

Адгезия – это сцепление поверхности двух соприкасающихся разнородных твердых или жидких тел.

Срок службы (Долговечность) – ожидаемый срок службы защитной системы покрытий до первой основной ремонтной окраски. **Срок службы** – это технический термин, который помогает заказчику создать программу технического обслуживания. Срок службы не является «гарантийным сроком».

Гарантийный срок – понятие, имеющее юридическую силу и являющееся предметом пунктов контракта. Нет никаких правил связывающих эти два временные понятия.

Сухой остаток краски – это отношение количества ее нелетучих компонентов к полному мокрому количеству, выраженное в весовых или объемных процентах.

Кроющая способностью ЛКМ (англ. – **spreading rate**) – значение площади окрашиваемой поверхности, которая может быть окрашена единицей количества ЛКМ (л, кг) с образованием высохшего лакокрасочного покрытия заданной толщины (m^2/l , kg/l). **Кроющая способность**

ЛКМ – обратная величина расхода краски в объемных (массовых) единицах на единицу площади окрашиваемой поверхности для конкретно заданной толщины сухой пленки покрытия.

Укрывистость ЛКМ (англ. – **hiding power**) – его способность делать невидимым цвет или цветовые различия окрашиваемой поверхности. Другими словами **укрывистость** – это толщина пленки наносимого покрытия, при которой контрастный цвет окрашиваемой поверхности становится полностью невидимым.

Теоретическая кроющая способность (ТКС) краски – это кроющая способность ЛКМ, рассчитанная при условии, что окрашиваемая подложка абсолютно ГЛАДКАЯ и НЕ ПОРИСТАЯ, а толщина наносимой пленки абсолютно равномерная.

Практическая кроющая способность ЛКМ – кроющая способность ЛКМ, полученная на практике при окраске конкретной окрашиваемой поверхности. Другими словами, **практическая кроющая способность ЛКМ** – это среднее значение площади окрашиваемой поверхности, которая может быть укрыта определенным объемом (или массой) краски (или лака) при нанесении установленным методом в один слой заданной толщины в фактических условиях.

Косвенные потери краски – краска, попавшая на окрашиваемую поверхность, но не учитывается при измерении толщины пленки покрытия.

Прямые потери краски – та часть краски, которая не попала на окрашиваемую поверхность.

Руководство по изучению раздела

1. Определения по стандарту ISO 12944-5: Покрытие; Система защитных покрытий; Подложка; Долговечность; Грунтовочное покрытие Промежуточный слой; Верхний слой; Связующий слой; Полосовой слой; Межоперационная грунтовка; Толстослойные покрытия.
2. Однослойная система. Область применения. Применяемые материалы и оборудование. Предъявляемые требования к оператору и инспектору; Толщина однослойных систем покрытий.
3. Многослойные покрытия. Преимущества. Три основных типа окрасочных слоёв. Основные требования, предъявляемые к лакокрасочным системам.
4. Грунтовка. Назначение и наиболее важные требования.
5. Промежуточный слой. Применение, предъявляемые свойства и назначение промежуточного слоя. Связующий слой.
6. Что такое толстослойные покрытия?
7. Назначение отделочного верхнего слоя.
8. Совместимость слоев в системе покрытий на примере перекрытия покрытия, содержащего цинк алкидными покрытиями и физически высыхающих покрытий покрытиями химического отверждения.
9. Три принципа работы защитных покрытий.
10. Барьерный эффект. Три механизма формирования системы барьерной защиты. Влияние типа применяемого связующего вещества на барьерный эффект покрытия. Методы усиления барьерного эффекта системы покрытий. Торможение коррозии электрическим сопротивлением. Адгезия покрытия к поверхности. Три вида их связи. Факторы, влияющие на адгезию.
11. Эффект ингибитора коррозии. Принцип ингибирующего действия покрытия. Область применения ингибирующих покрытий.
12. Гальванический эффект защиты от коррозии. Концепция катодной защиты. Принцип гальванического эффекта с жертвенной грунтовкой. Три уровня содержания цинка в цинкнаполненной грунтовке по стандарту SSPC Paint 20. Норма содержания цинка по ISO 12944-5. Влияние размера и формы частиц цинка и его чистоты на эффективность катодного эффекта. Типы наполненных цинком грунтовок и их особенности.
13. Разработка систем покрытий – общие положения (ISO 12944-1). Обслуживание покрытий. Конструкции, недоступные после монтажа. Уровень повреждения покрытия до первого полного ремонтного окрашивания. Три интервала долговечности по ISO 12944-2. Срок службы и гарантийный срок службы покрытий.
14. Факторы, влияющие на выбор систем окраски.
15. Влияние официальных органов на выбор систем окраски: Законодательные акты и нормативные документы; Наиболее важные законодательные органы и организации; Примеры влияния официальных органов на выбор покрытия.
16. Цель и требования заказчика к выбору систем покрытий.
17. Основной интерес и критерии выбора покрытия подрядчиком.
18. Технические аспекты, важные поставщику для обоснования системы покрытий.

19. Документация на материалы и гарантии качества подрядчика и поставщика, влияющие на выбор покрытий.
20. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – классификация окружающей среды.
21. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – типы окрашиваемых поверхностей.
22. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – типы грунтовок.
23. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – толщина сухой пленки, основные определения и критерии приемки ТСП по ISO 19840.
24. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – срок службы системы покрытий; факторы, влияющие на срок службы системы покрытий.
25. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – нанесение покрытий на заводе и на монтаже; преимущества и недостатки нанесения краски в заводских условиях.
26. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – таблицы окрасочных систем.
27. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – порядок выбора соответствующей системы окраски.
28. Комбинации защитных красок по ISO 12944-5 – обозначение систем окраски.
29. Контрольные вопросы для инспектора по оценке выбранной системы.
30. Сухой (твердый) остаток краски.
31. Расчет сухого остатка краски после ее разбавления.
32. Кроющая способность лакокрасочного материала.
33. Теоретическая кроющая способность краски.
34. Практическая кроющая способность краски.
35. Потери краски при нанесении. Виды и факторы на них влияющие.
36. Классификация окрашиваемых поверхностей по группам сложности.
37. Косвенные потери. Эффект профиля поверхности.
38. Косвенные потери. Неравномерное распределение краски.
39. Прямые потери краски.
40. Действия инспектора при нанесении покрытий перед началом работы.
41. Действия инспектора при нанесении покрытий по прибытии материалов покрытия.
42. Действия инспектора перед нанесением покрытий.
43. Действия инспектора во время нанесения покрытий.
44. Действия инспектора при нанесении покрытий после его высыхания до твердой пленки.
45. Действия инспектора при нанесении покрытий в конце проекта.