

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ: «МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ».	7-3
7.1. Введение.	7-3
7.2. Цель работы.	7-3
7.3. Термины и определения.	7-3
7.4. Полевые испытания на окрашенных конструкциях.	7-4
7.4.1. План отбора проб на объекте.	7-4
7.4.2. Минимально допустимое количество измерений в рамках инспекции на объекте методом решетчатых и крестовых надрезов (ISO 16276-2:2007).	7-4
7.4.3. Минимально допустимое количество измерений адгезии на отрыв в рамках инспекции на объекте (ISO 16276-1:2007).	7-5
7.5. Условия проведения испытаний.	7-5
7.6. Методы определения адгезии.	7-5
7.6.1. Определение адгезии решетчатым надрезом по ISO 16276-2.	7-5
7.6.1.1. Сущность метода решетчатых надрезов.	7-5
7.6.1.2. Аппаратура и материалы для испытаний решетчатым надрезом.	7-5
7.6.1.2.1. Режущие инструменты.	7-5
7.6.1.2.1.1. Однолезвийные режущие инструменты.	7-6
7.6.1.2.1.2. Многолезвийные режущие инструменты.	7-6
7.6.1.2.2. Устройства и шаблоны для выполнения надрезов.	7-6
7.6.1.2.3. Ручная лупа.	7-6
7.6.1.2.4. Мягкая кисть.	7-6
7.6.1.2.5. Самоклеящаяся прозрачная липкая лента.	7-8
7.6.1.3. Число надрезов и расстояние между ними.	7-8
7.6.1.4. Нанесение решетчатых надрезов ручным способом.	7-9
7.6.1.5. Удаление отслоившегося покрытия с участка надрезов.	7-9
7.6.1.6. Обработка результатов.	7-10
7.6.1.6.1. Предел повторяемости результатов.	7-11
7.6.1.7. Протокол испытаний.	7-11
7.6.2. Определение адгезии методом Х-образного надреза по ISO 16276-2.	7-12
7.6.2.1. Сущность метода Х-образного надреза.	7-12
7.6.2.2. Аппаратура и материалы для метода Х-образного надреза.	7-12
7.6.2.3. Порядок выполнения испытаний методом Х-образного надреза.	7-12
7.6.2.4. Обработка результатов испытаний.	7-13
7.6.2.5. Протокол испытаний.	7-14
7.6.3. Испытания лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом нормального отрыва по ISO 16276-1.	7-15
7.6.3.1. Сущность метода нормального отрыва.	7-15
7.6.3.2. Приборы и оборудование.	7-15
7.6.3.2.1. Общие требования к приборам и оборудованию.	7-15
7.6.3.2.2. Информация об адгезиметре PosiTest AT-M.	7-16
7.6.3.2.2.1. Устройство адгезиметра PosiTest AT-M.	7-16
7.6.3.2.2.2. Порядок работы с адгезиметром PosiTest AT-M.	7-19
7.6.3.3. Порядок проведения испытаний на отрыв.	7-20
7.6.3.3.1. Общие положения.	7-20
7.6.3.3.2. Подготовка к испытаниям.	7-21
7.6.3.3.3. Испытание покрытия на отрыв.	7-21
7.6.3.4. Обработка результатов испытаний.	7-23
7.6.3.4.1. Интерпретация результатов.	7-23
7.6.3.4.2. Выражение результатов.	7-25
7.6.3.4.3. Пример выражения результатов (ISO 4624).	7-25
7.6.3.4.4. Критерии принятия результатов.	7-25

7.6.3.4.5. Протокол испытаний адгезии на отрыв.	7-25
7.7. Содержание лабораторной работы.	7-26
7.7.1. Пост № 1. – Определение адгезии решетчатым надрезом по ISO 2409.	7-26
7.7.1.1. Последовательность проведения испытаний.	7-26
7.7.1.2. Обработка результатов испытания.	7-27
7.7.2. Пост № 2 – Определение адгезии X-надрезом по ISO 16276-2.	7-28
7.7.2.1. Последовательность проведения испытаний.	7-28
7.7.2.2. Обработка результатов испытания.	7-29
7.7.3. Пост № 3. – Определение адгезии методом нормального отрыва по ISO 16276-1.	7-29
7.7.3.1. Последовательность проведения испытаний.	7-30
7.7.3.2. Обработка результатов испытания.	7-30
Приложение 7.I. Таблица 3 (ISO 20340) – Типовые примеры некоторых систем защитных лакокрасочных покрытий и их первоначальное исполнение	7-32
Приложение 7.II. Результаты испытаний лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом прямого отрыва.	7-33

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ: «МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЯ».

7.1. Введение.

Настоящие методические указания рассматривают наиболее часто используемые методы определения адгезии лакокрасочных покрытий к бетонным и металлическим поверхностям методами:

- Решетчатых надрезов.
- Крестовых надрезов.
- Прямого отрыва.

Испытания покрытий на адгезию выполняют в соответствии с действующими международными стандартами:

1. Для испытания окрашенных образцов в лабораторных условиях:
 - 1.1. ISO 2409:2013 – Краски и лаки. Испытание методом решетчатого надреза.
 - 1.2. ISO 4624:2002 – Краски и лаки. Определение адгезии методом отрыва.
2. Для оценки прочности сцепления покрытий на стальных конструкциях непосредственно на объекте:
 - 2.1. ISO 16276-1:2007 – Антикоррозионная защита стальных конструкций защитными лакокрасочными системами. Оценка и принятые критерии адгезии/когезии (силы отрыва) покрытия. Часть 1. Испытание на отрыв.
 - 2.2. ISO 16276-2:2007 – Антикоррозионная защита стальных конструкций защитными лакокрасочными системами. Оценка и принятые критерии адгезии/когезии (силы отрыва) покрытия. Часть 2. Испытания решетчатым надрезом и X-образным надрезом.

Все методы определения адгезии являются методами разрушающего контроля, требующих ремонтных работ после их применения на конструкциях. Для того, чтобы избежать повреждения окрашенных конструкций, используют образец-свидетель.

7.2. Цель работы.

Цель работы: научиться оценивать адгезию покрытия к основанию методами решетчатых и крестовых надрезов, а также методом прямого отрыва.

7.3. Термины и определения.

Сила отрыва (fracture strength) – сила, необходимая для разрушения взаимодействия (сцепления):

- между слоями покрытия или между слоем покрытия и окрашиваемой поверхностью (адгезия);
- внутри слоя (когезия).

Адгезия (adhesion) – явление взаимодействия на границе раздела между твердой поверхностью и другими материалами за счет молекулярных сил.

Когезия (cohesion) – внутренние силы, которые связывают покрытие в одно целое.

7.4. Полевые испытания на окрашенных конструкциях.

До начала проведения испытаний нанесенное защитное лакокрасочное покрытие должно быть высушено/отверждено в соответствии с рекомендациями производителя.

При отсутствии рекомендаций производителя ЛКМ покрытие должно быть высушено/отверждено в течение не менее 10 дней в хорошо вентилируемых условиях и при температуре окрашиваемой поверхности не менее 15°C и относительной влажности не выше 80%.

За 24 ч до проведения испытаний должны быть измерены и внесены в протокол испытаний следующие показатели:

- Погодные условия, такие как температура воздуха и относительная влажность;
- Температура окрашенной поверхности;
- Состояние поверхности – сухая/влажная.

На момент проведения испытаний должны быть измерены и внесены в протокол испытаний следующие показатели:

- Температура воздуха;
- Относительная влажность;
- Температура окрашенной поверхности.

Если поверхность влажная, она должна быть высушена, что должно быть отражено в протоколе испытаний.

7.4.1. План отбора проб на объекте.

План отбора проб определяется числом измерений, которые должны быть приняты для проверяемых участков.

Области проверки, как правило, определяются в проекте спецификации (см. ISO 12944-7 и ISO 12944-8). Если конструкция была разделена на отдельные участки для проверки, вся конструкция рассматривается как проверяемые участки для целей измерения.

Рекомендуется на участках, где измерение адгезии трудно достижимо (например, участки, где невозможно покраска полным слоем), следует рассматривать как отдельные участки проверки.

7.4.2. Минимально допустимое количество измерений в рамках инспекции на объекте методом решетчатых и крестовых надрезов (ISO 16276-2:2007).

Минимальное количество измерений, которые должны быть выполнены произвольно по области проверки в целях оценки адгезии защитного лакокрасочного покрытия методом решетчатых и крестовых надрезов, приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Минимальное количество измеряемых значений в пределах инспектируемой площади.

Площадь инспектируемого участка, м ²	Число проводимых испытаний.
≤ 1 000	1 на каждые 200 м ² площади или ее части.
> 1 000	5, плюс 1 на каждые дополнительные 1000 м ² площади или ее части*.

* При осмотре рекомендуется разделение на более мелкие участки.

Когда применяются тестовые панели, количество панелей должно быть равно количеству измерений, относящихся к области проверки.

7.4.3. Минимально допустимое количество измерений адгезии на отрыв в рамках инспекции на объекте (ISO 16276-1:2007).

Минимальное количество измерений адгезии на отрыв защитного лакокрасочного покрытия, которые должны быть выполнены произвольно по области проверки в целях оценки адгезии методом решетчатых и крестовых надрезов, приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Минимальное количество измеряемых значений адгезии на отрыв в пределах инспектируемой площади.

Площадь инспектируемого участка, м ²	Число проводимых испытаний.
≤ 1 000	3 на каждые 250 м ² площади или ее части.
> 1 000	12, плюс 3 на каждые дополнительные 1000 м ² площади или ее части*.

* При осмотре рекомендуется разделение на более мелкие участки.

Когда применяются тестовые панели, количество панелей должно быть равно количеству измерений, относящихся к области проверки.

7.5. Условия проведения испытаний.

В лабораторных условиях испытания проводят при температуре (23±2)°С и относительной влажности (50±5)%, если другие условия не оговорены нормативной или технической документацией на испытуемый материал или не согласованы заинтересованными сторонами.

На конструкциях испытания проводят в условиях окружающей среды, которые должны быть измерены и запротоколированы.

7.6. Методы определения адгезии.

7.6.1. Определение адгезии решетчатым надрезом по ISO 16276-2.

7.6.1.1. Сущность метода решетчатых надрезов.

Оценивание адгезионной или когезионной стойкости (устойчивости к отслаиванию) систем лакокрасочных покрытий определяют путем выполнения решетчатого надреза (прямоугольная решетка) насквозь через всю толщину покрытия, вплоть до окрашиваемой поверхности, его подрыва с помощью липкой ленты и сравнения полученного результата с эталонами сравнения, получая качественную характеристику состояния адгезии в баллах по шкале от 0 до 5.

Метод может применяться при толщине покрытий не более 250 мкм и только на гладких (не текстурированных/шероховатых) покрытиях, нанесенных, как на твердые (например, металл), так и на мягкие (например, древесина, штукатурка) основания. Методика испытаний для мягких и твердых типов оснований отличается.

Метод может быть применен как в лабораторных условиях при использовании специально подготовленных образцов, так и в полевых условиях. Проведение испытаний на текстурированных (шероховатых) покрытиях из-за неточности результатов делает определение адгезии невозможным.

7.6.1.2. Аппаратура и материалы для испытаний решетчатым надрезом.

7.6.1.2.1. Режущие инструменты.

Режущие инструменты должны иметь хорошо заточенные режущие кромки, обеспечивающие ровный разрез V-образной формы через всю толщину покрытия.

7.6.1.2.1.1. Однолезвийные режущие инструменты.

Однолезвийный режущий инструмент с жестким лезвием с V-образной режущей кромкой (рисунок 7.1, а) снабжен лезвием толщиной $(0,43 \pm 0,03)$ мм с углом заточки кромки (режущая часть) 20° - 30° . Толщину лезвия можно не принимать во внимание до тех пор, пока лезвие позволяет делать разрез V-образной формы через всю толщину покрытия.

Лезвие режущего инструмента по мере его использования изнашивается. Пока кромка лезвия не изношена до 0,1 мм, его можно использовать. При большем износе инструмент необходимо заточить или заменить.

Однолезвийные режущие инструменты применяют для всех видов покрытий, как на твердой, так и на мягкой окрашиваемых поверхностях.

7.6.1.2.1.2. Многолезвийные режущие инструменты.

Многолезвийный режущий инструмент может быть выполнен в виде цилиндра (например, Elcometer 1542), на котором по окружности нарезаны режущие лезвия (1), а вдоль одной или нескольких образующих выполнены секторальные вырезы (рисунок 7.1, б). Эти вырезы на лезвиях образуют с двух сторон режущие кромки (3), благодаря чему этот режущий инструмент для образования решетчатых надрезов может быть использован с двух сторон. После износа кромок до 0,1 мм сегмент выреза может быть расширен для удаления изношенных кромок лезвия.

Другой тип многолезвийного инструмента выполнен в виде пластины (например, Elcometer 107). У него режущая кромка расположена с одной стороны (рисунок 7.1, в).

Многолезвийные инструменты должны иметь по шесть режущих кромок, расположенных, в зависимости от толщины покрытия и типа основания, на расстоянии 1, 2 или 3 мм друг от друга и по две направляющие кромки.

Многолезвийные режущие инструменты не пригодны для толстых (>120 мкм) или твердых покрытий или покрытий, нанесенных на мягкую окрашиваемую поверхность.

7.6.1.2.2. Устройства и шаблоны для выполнения надрезов.

При использовании однолезвийного режущего инструмента для правильного расположения надрезов необходимо использовать устройство с откидными планками или шаблон с пазами, показанные на рисунке 7.2, либо металлическую линейку.

Устройство для нанесения решетчатых надрезов Zehntner ZCF 2088 (рисунок 7.2, а) оснащено откидными планками толщиной 1 мм, 2 мм и 3 мм, за счет чего подходит для покрытий любой толщины.

Шаблон (рисунок 7.2, б) в каждом конкретном случае должен иметь такое расстояние между пазами (1, 2 или 3 мм), которое бы соответствовало толщине испытываемого покрытия.

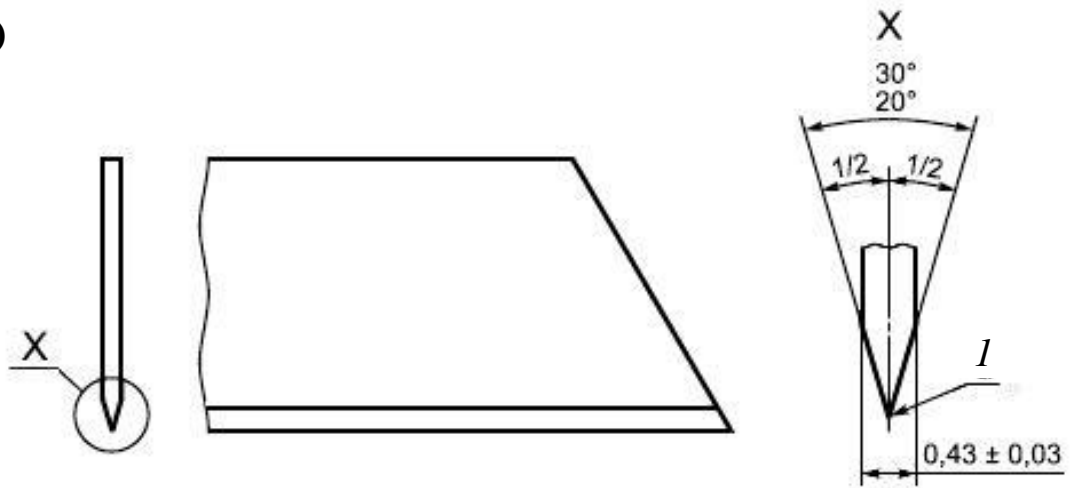
7.6.1.2.3. Ручная лупа.

Ручная лупа с 2-х или 3-х кратным увеличением.

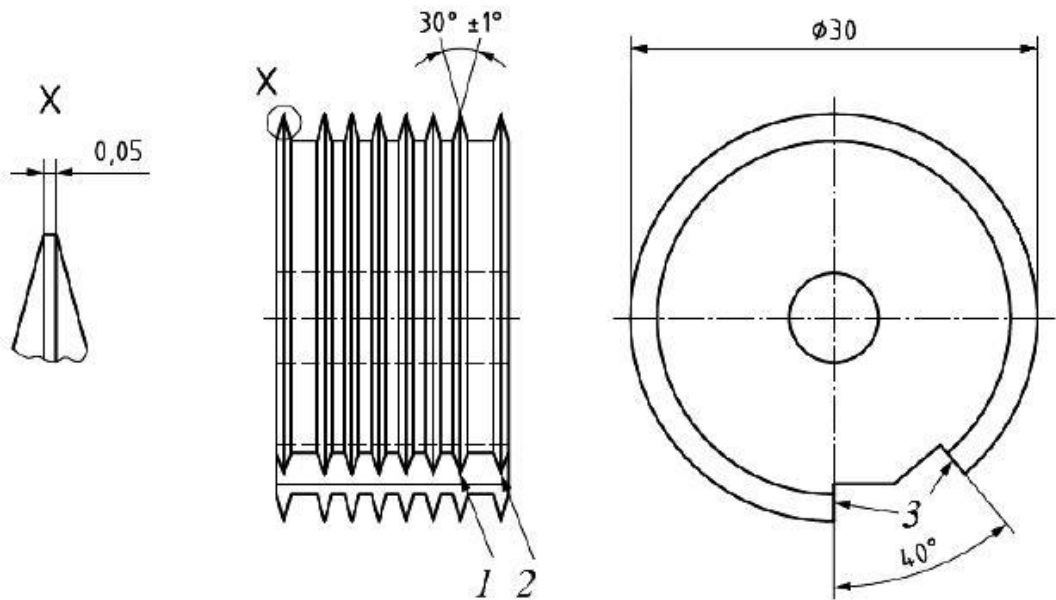
7.6.1.2.4. Мягкая кисть.

Кисть волосяная, плоская, мягкая, шириной не менее 10 мм; длина ворса – не менее 15 мм.

а)



б)



в)

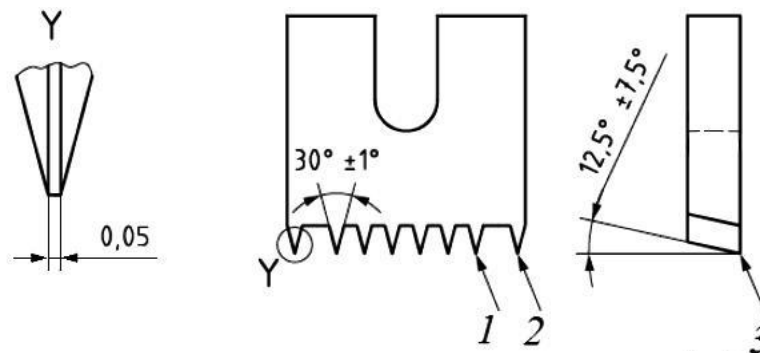
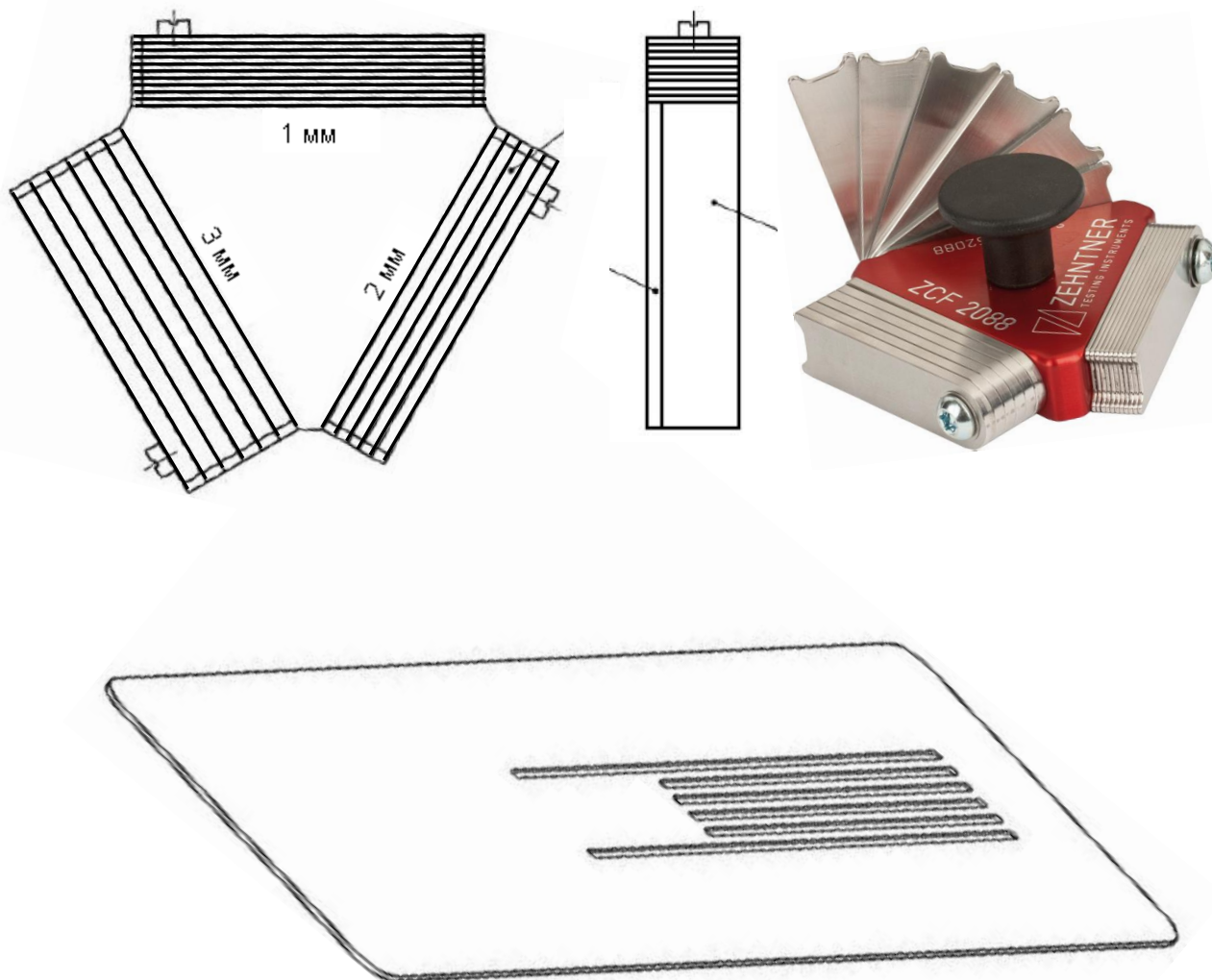


Рисунок 7.1. – Режущие инструменты: а – однолезвийный режущий инструмент; б – двухсторонний многолезвийный режущий инструмент цилиндрического типа; в – односторонний многолезвийный режущий инструмент пластинчатого типа; 1 – режущее лезвие; 2 – направляющая кромка; 3 – режущие кромки.

7.6.1.2.5. Самоклеящаяся прозрачная липкая лента.

Если иное не оговорено в нормативном документе или технической документации на конкретный лакокрасочный материал, то используют липкую ленту адгезионной прочностью от 2,4 до 4,0 Н/см. Ширина ленты должна быть не менее 50 мм.



7.6.1.3. Число надрезов и расстояние между ними.

Число надрезов длиной не менее 20 мм в каждом направлении решетчатого рисунка должно равняться шести.

Расстояние между надрезами в каждом направлении должно быть одинаковым и зависит от толщины покрытия и типа (твердости) окрашиваемой поверхности:

- до 60 мкм – расстояние 1 мм для твердых поверхностей (например, металла и пластмассы) и 2 мм для мягких поверхностей (например, древесины и штукатурки);
- от 61 до 120 мкм - расстояние 2 мм для твердых и мягких поверхностей;
- от 121 до 250 мкм - расстояние 3 мм для твердых и мягких поверхностей.

Для покрытий толщиной более 250 мкм используют метод определения адгезии X-образным надрезом.

7.6.1.4. Нанесение решетчатых надрезов ручным способом.

Перед испытанием проверяют режущую кромку лезвия инструмента и поддерживают ее состояние заточкой или заменой инструмента.

Выполняется измерение толщины высушенного покрытия на месте или как можно ближе к месту, в котором будет расположение поперечных надрезов.

В соответствии с измеренной толщиной и типом основания принимают расстояние между надрезами и подбирают соответствующий шаблон.

При испытании покрытий на твердой поверхности надрезы выполняют в произвольном направлении.

При испытании покрытий на древесине или аналогичном материале надрезы проводят под углом 45° относительно текстуры материала.

Лезвие режущего инструмента держат перпендикулярно к поверхности испытываемой пластинки. При равномерном давлении на режущий инструмент, используя подходящий шаблон или металлическую линейку, наносят на покрытие шесть надрезов при равномерной скорости резания длиной не менее 20 мм. Все надрезы должны доходить до поверхности подложки.

Повторяют указанную операцию под углом 90° к первоначальным надрезам для получения решетки с четко выраженными точками пересечения.

Все надрезы должны доходить до окрашиваемой поверхности. Если из-за твердости покрытия невозможно прорезать его до окрашиваемой поверхности, испытания считают недействительными, что отмечают в протоколе испытаний.

7.6.1.5. Удаление отслоившегося покрытия с участка надрезов.

Осторожно очищают пластинку мягкой кистью, проводя несколько раз вперед и несколько раз назад вдоль обеих диагоналей решетки.

При проведении испытаний покрытий, нанесенных на твердую и деревянную окрашиваемые поверхности, для удаления отслоившегося покрытия с площади надрезов используют липкую ленту.

В начале новой серии испытаний с катушки с лентой удаляют два полных витка ленты. При равномерной скорости отматывают и отрезают кусок длиной примерно 75 мм.

Центр отрезанной ленты помещают на решетку параллельно одному из направлений надрезов, как показано на рисунке 7.3, а, и разглаживают ленту пальцем по поверхности решетки и на расстоянии не менее 20 мм за решеткой.

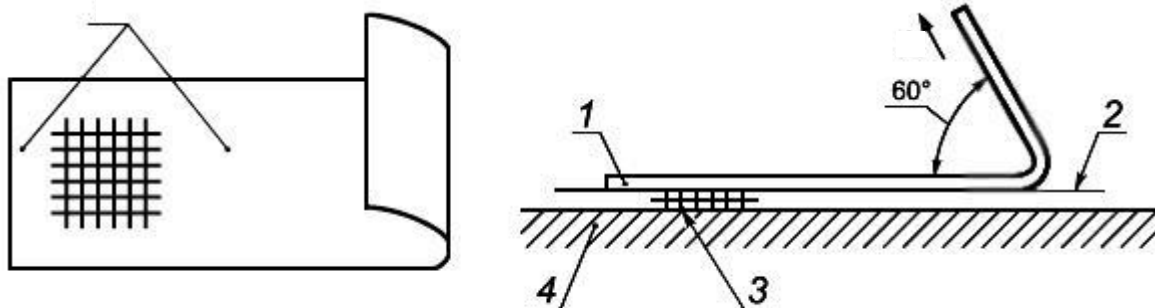
Для проверки плотности контакта с покрытием прижимают ленту кончиком пальца или ногтем. Цвет покрытия, видимый через ленту, является показателем полного контакта.

Через 5 мин после приклеивания ленты ее удаляют, держа за свободный конец и плавно отрывая за 0,5-1,0 с. под углом, примерно 60° (рисунок 7.3, б).

Рекомендации по приклеиванию и удалению пленки:

1. Если не оговорено иное, то операция приклеивания и удаления ленты может быть выполнена более одного раза, в зависимости от вида покрытия и направлением резания (особенно это важно при использовании инструмента с приводом от двигателя).
2. Для системы покрытий, состоящей более чем из одного слоя (например, автомобильные покрытия), рекомендуется наклеивание и удаление ленты в каждом направлении решетки выполнять, по меньшей мере, один раз.

3. Для однослойного покрытия (например электроосаждаемые покрытия), одноразового наклеивания (в одном направлении) и удаления ленты достаточно. Однако, для порошковых покрытий, например, этого недостаточно.
4. Рекомендуется ленту сохранять в качестве справочной информации путем приклеива-



ния ее, например, к листу прозрачной пленки.

7.6.1.6. Обработка результатов.

Внимательно осмотрите поверхность надрезов тестируемого покрытия при хорошем освещении. По согласованию между заинтересованными сторонами допускается использовать лупу. При осмотре поверхностей надрезов исследуемую поверхность осматривают под разными углами зрения и падающего света, не ограничиваясь одним направлением. Также может быть полезно обследовать аналогичным образом и ленту.

Поверхность испытуемого покрытия классифицируют в соответствии с таблицей 7.3, сравнивая с изображениями внешнего вида поверхности надрезов после отслоения покрытия.

В таблице 7.3 приведена 6-балльная классификация оценки результатов. Первые три балла вполне достаточны для оценки по схеме «выдерживает испытание/ не выдерживает испытание». При необходимости (для специальных целей) можно использовать всю 6-балльную классификацию.

При испытании многослойного покрытия или системы покрытия указывают поверхность раздела слоев, на которой произошло расслаивание (между покрытием и окрашиваемой поверхностью или между слоями).

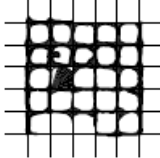
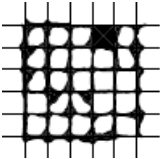
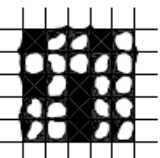
Если результаты испытания отличаются, то указывают каждый результат.

При испытании адгезии покрытий на конструкциях в полевых условиях указывают каждый результат испытаний. В случае повторного проведения испытаний указывают результаты первоначального и повторного испытания. Окончательную оценку адгезии осуществляют как указано ниже:

- При количестве испытаний менее пяти адгезия в баллах для каждого испытания должна соответствовать или быть лучше, чем указано в спецификации на данную конструкцию;
- При количестве испытаний, равном пяти и более, адгезия в баллах 80% результатов испытаний должна соответствовать или быть лучше, чем указано в спецификации на данную конструкцию.

- Для каждого из оставшихся 20% испытаний приемлемо значение адгезии в баллах, равное баллам из спецификации плюс один балл.
- Для каждых 1000 м² или оставшейся части только один неприемлемый результат может быть перепроверен и только один раз.

Таблица 7.3 – Классификация результатов испытания.

Классификация в баллах	Описание	Внешний вид поверхности надрезов с отслоившимися надрезами (по шести параллельным надрезам)
0	Края надрезов полностью гладкие; ни один из квадратов в решетке не отслоился.	—
1	Мелкие отслоения покрытия на пересечении надрезов. Площадь отслоений не превышает 5% площади решетки.	
2	Покрытие имеет отслоения вдоль краев и/или на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5%, но не более 15% площади решетки.	
3	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов частично или полностью широкими полосами и/или отслоилось частично или полностью на различных частях квадратов. Площадь отслоений превышает 15%, но не более 35% площади решетки.	
4	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов широкими полосами и/или некоторые квадраты отделились частично или полностью. Площадь отслоений превышает 35%, но не более 65% площади решетки.	
5	Любая степень отслаивания, которую даже нельзя классифицировать 4-ым баллом.	—

7.6.1.6.1. Предел повторяемости результатов.

Предел повторяемости r – это значение, ниже которого находится ожидаемое с вероятностью 95% абсолютное расхождение между результатами двух отдельных испытаний, если данный метод применяют в условиях повторяемости, т.е. когда метод применяют на одном и том же материале одним оператором в одной лаборатории в течение короткого промежутка времени.

Для данного метода испытания предел повторяемости равен одному баллу.

7.6.1.7. Протокол испытаний.

Протокол испытаний включает:

- 1) Все сведения, необходимые для идентификации испытуемой системы защитных лакокрасочных покрытий:
 - наименование лакокрасочных покрытий _____,
 - номер партии _____,

- толщина высушенного покрытия _____ мкм.
 - метод измерения толщины _____,
 - время и условия высыхания/отверждения _____,
 - условия в течение 24 ч перед испытанием _____;
- 2) Ссылка на стандарт, по которому проводятся испытания _____;
 - 3) Все детали, необходимые для идентификации окрашиваемой поверхности _____;
 - 4) Детальное описание подготовки окрашиваемой поверхности _____;
 - 5) Метод проведения испытания _____;
 - 6) Все детали, необходимые для идентификации участка, выбранного для проведения испытаний _____;
 - 7) Отчет о том, соответствуют ли результаты испытаний требованиям, предъявляемым к каждому участку испытаний;
 - 8) Результаты проведенных испытаний по оцениванию адгезии (включая, по возможности, фотографии участка испытаний); _____;
 - 9) Температура окружающей среды, относительная влажность и температура поверхности окрашенной конструкции во время испытаний; _____;
 - 10) Дата и время проведения испытаний.
 - 11) Имя инспектора

7.6.2. Определение адгезии методом X-образного надреза по ISO 16276-2.

7.6.2.1. Сущность метода X-образного надреза.

Оценивание адгезионной или когезионной стойкости систем лакокрасочных покрытий определяют путем выполнения X-образного надреза через всю толщину покрытия, его подрыва с помощью липкой ленты и сравнения полученного результата с эталонами сравнения, получая качественную характеристику состояния адгезии в баллах по шкале от 0 до 5.

Метод X-образного надреза может быть использован для твердых покрытий на покрытиях любой толщины. Для покрытий, содержащих пигменты или наполнитель в форме чешуек, этот метод может давать недостоверные результаты.

7.6.2.2. Аппаратура и материалы для метода X-образного надреза.

- **Шаблон и линейка металлическая** для получения прямых кромок надреза.
- **Однолезвийный режущий инструмент** с толщиной лезвия $(0,43 \pm 0,03)$ мм и углом заточки кромки (режущая часть) 20° - 30° .
- **Прозрачная липкая лента** с адгезионной прочностью от 2,4 до 4,0 Н/см и шириной не менее 50 мм.

7.6.2.3. Порядок выполнения испытаний методом X-образного надреза.



Рисунок 7.4. – Шаблон для X-надреза.

Определение адгезии X-образным надрезом возможно для покрытий любой толщины.

X-образные надрезы выполняют до основания окрашиваемой поверхности однолезвийным ножом с помощью металлической линейки или специального шаблона. Каждый надрез должен быть длиной не менее 40 мм. Угол пересечения надрезов должен быть в пределах от 30° до 45°.






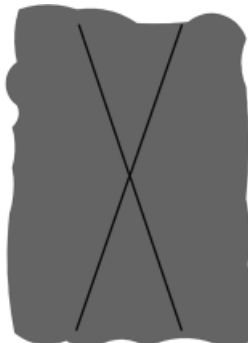
В начале новой серии испытаний с катушки с липкой лентой удаляют два полных витка ленты. При равномерной скорости отматывают и отрезают кусок длиной примерно 75 мм.

Центр отрезанной ленты помещают на центр X-образного надреза, разглаживают ее вдоль острых углов, плотно прижимая к покрытию, и удаляют через 5 мин, держа за свободный конец и плавно отрывая за 0,5-1,0 секунду под углом примерно 60° вместе с отслоившимися участками покрытия.

7.6.2.4. Обработка результатов испытаний.

Степень разрушения покрытия оценивают в баллах в соответствии с таблицей 7.4.

Таблица 7.4. – Оценка результатов испытаний адгезии методом X-образного надреза по ISO 16276-2*.

 <p>Балл 0</p> <p>Отсутствие отслаивания или удаления покрытия.</p>	 <p>Балл 1</p> <p>Следы отслаивания или удаления покрытия вдоль надрезов или в местах их пересечения.</p>	 <p>Балл 2</p> <p>Выкрашивание покрытий вдоль любого из надрезов шириной до 1,5 мм.</p>
 <p>Балл 3</p> <p>Выкрашивание покрытия на нескольких надрезах шириной до 3,0 мм.</p>	 <p>Балл 4</p> <p>Удаление покрытия с большей площади X-образного надреза.</p>	 <p>Балл 5</p> <p>Удаление покрытия за пределами X-образного надреза</p>

*При испытании толстослойных трубных покрытий на стойкость к отслоению применяются соответствующие методики, отличающиеся от ISO 16276-2.

Указывают каждый результат испытаний. В случае повторного проведения испытаний указывают результаты первоначального и повторного испытания. Окончательную оценку адгезии осуществляют как указано ниже:

- При количестве испытаний менее пяти адгезия в баллах для каждого испытания должна соответствовать или быть лучше, чем указано в спецификации на данную конструкцию;
- При количестве испытаний, равном пяти и более, адгезия в баллах 80% результатов испытаний должна соответствовать или быть лучше, чем указано в спецификации на данную конструкцию.
- Для каждого из оставшихся 20% испытаний приемлемо значение адгезии в баллах, равное баллам из спецификации плюс один балл.
- Для каждых 1000 м² или оставшейся части только один неприемлемый результат может быть перепроверен и только один раз.

7.6.2.5. Протокол испытаний.

Протокол испытаний включает:

- 1) Все сведения, необходимые для идентификации испытуемой системы защитных лакокрасочных покрытий:
 - наименование лакокрасочных покрытий _____,
 - номер партии _____,
 - толщина высушенного покрытия _____ мкм.
 - метод измерения толщины _____,
 - время и условия высыхания/отверждения _____,
 - условия в течение 24 ч перед испытанием _____;
- 2) Ссылка на стандарт, по которому проводятся испытания _____;
- 3) Все детали, необходимые для идентификации окрашиваемой поверхности _____;
- 4) Детальное описание подготовки окрашиваемой поверхности _____;
- 5) Метод проведения испытания _____;
- 6) Все детали, необходимые для идентификации участка, выбранного для проведения испытаний _____;
- 7) Отчет о том, соответствуют ли результаты испытаний требованиям, предъявляемым к каждому участку испытаний;
- 8) Результаты проведенных испытаний по оцениванию адгезии (включая, по возможности, фотографии участка испытаний);
_____;
- 9) Температура окружающей среды, относительная влажность и температура поверхности окрашенной конструкции во время испытаний;
_____;
- 10) Дата и время проведения испытаний.
- 11) Имя инспектора

7.6.3. Испытания лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом нормального отрыва по ISO 16276-1.

7.6.3.1. Сущность метода нормального отрыва.

Сущность метода заключается в определении минимального разрывного напряжения, необходимого для отделения или разрыва покрытия в направлении, перпендикулярном к окрашенной поверхности.

Тестовые цилиндры (грибки) закрепляются на покрытии с помощью соответствующего клея, к ним прикладывается сила с целью вызвать отрыв. Эта сила измеряется оборудованием.

На результаты испытаний влияют не только механические свойства испытываемой системы, но также природа (сталь, бетон, оцинковка и т.п.) и подготовка поверхности (чистота, шероховатость, наличие загрязнений) перед покраской, а также метод нанесения лакокрасочного материала, условия сушки, температура, влажность и другие факторы, в том числе тип применяемого прибора при испытании.

В результате испытания определяется минимальное напряжение, необходимое для разрушения в наиболее слабом месте контакта поверхностей (адгезионное разрушение) или наиболее слабого слоя (когезионное разрушение). Может также иметь место смешанный характер адгезионно-когезионного разрушения.

7.6.3.2. Приборы и оборудование.

7.6.3.2.1. Общие требования к приборам и оборудованию.

1) Прибор для определения разрывного напряжения (*адгезиметр*), пригодный для проведения испытания. Растягивающее напряжение должно быть приложено в направлении, перпендикулярном окрашенной плоскости, и должно увеличиваться постепенно с равномерной скоростью не более 1 МПа/с так, чтобы разрыв испытываемого образца происходил за 90 с. Испытание может быть проведено для широкого ряда окрашенных поверхностей. В зависимости от того, будет ли окрашенная поверхность деформироваться (например, тонкий металл, пластик и дерево) или она является жесткой (например, толстый бетон или металл), предусматриваются разные методы испытаний. На рис. 7.5 изображено приспособление для испытания жестких пластинок, окрашенных с одной стороны.

Способ измерения предусматривает равномерное нанесение клея на предварительно очищенную поверхность испытательного цилиндра (грибка) и помещение покрытой клеем поверхности заготовки на покрытие. После затвердевания клея осторожно с помощью режущего устройства обрезают клей и покрытие по окружности заготовки, прорезая до поверхности пластинки, если другое не согласовано. Помещают наружное кольцо, как показано на рисунке 7.5 и прикладывают усилие по схеме, показанной на рисунке.

2) Испытательные цилиндры (грибки), изготовленные из нержавеющей стали или алюминия, пригодные для использования с указанным прибором, диаметром 20 мм (если нет других указаний; возможно применение цилиндров других диаметров, в зависимости от марки прибора) и достаточной толщиной стенок, чтобы не допустить их искривление во время испытания. Рекомендуется, чтобы длина испытательного цилиндра составляла не менее половины его диаметра. Торцы цилиндра должны быть перпендикулярны к оси цилиндра и подвергнуты обработке на токарном станке.

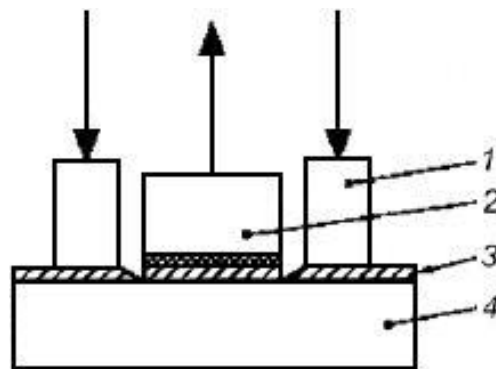


Рисунок 7.5. – Схема испытаний адгезии покрытий на жестких пластинках: 1 – наружное кольцо; 2 – испытательный цилиндр, покрытый клеем; 3 – лакокрасочное покрытие; 4 – основание.

3) Режущее цилиндрическое устройство, внутренний диаметр которого не должен превышать диаметр тестового цилиндра более чем на 2 мм.

4) Клеи. При определении адгезии покрытия к окрашиваемой поверхности особое внимание уделяется выбору соответствующих клеев, используемых при испытании. Необходимо, чтобы когезионные свойства клея и адгезия к покрытию и к поверхности грибка были лучше, чем адгезия покрытия к окрашиваемой поверхности и компоненты клея до его затвердевания не должны вызывать видимых изменений в покрытии. Для отрыва покрытия когезионные и адгезионные свойства клея должны быть выше, чем у испытываемого покрытия.

Клей пригоден для данного покрытия, если он дает результаты, аналогичные результатам испытаний, полученных при использовании различных классов или типов клеев, испытанных подобным образом раньше.

В большинстве случаев пригодными клеями считаются цианоакрилат, двухкомпонентные эпоксидные системы, не содержащие растворителя, и полиэфирные клеи. Цианоакрилатный полиэфирный клей обладает очень коротким временем сушки и преимущественно рекомендуется к применению.

Для испытания покрытий в условиях высокой влажности рекомендуется применение двухкомпонентного быстросохнущего эпоксидного клея.

7.6.3.2.2. Информация об адгезиметре PosiTest AT-M.

7.6.3.2.2.1. Устройство адгезиметра PosiTest AT-M.

Комплект адгезиметром PosiTest производства DeFelsko (США) включает необходимое для испытаний оборудование и материалами (рис.3).



Рисунок 7.6. – Состав комплекта адгезиметра PosiTest AT-M:

1 – адгезиметр с цифровым дисплеем; 2 – резак для выделения испытываемого участка; 3 – алюминиевые грибки для испытания; 4 – палочки для перемешивания и нанесения клея и хлопчатобумажные тампоны; 5 – адгезив (клей); 6 - инструкция по эксплуатации; 7 – видео инструкция на диске; 8- футляра для хранения и переноски прибора.

Портативный, ручной адгезиметром PosiTest AT-M (рисунок 7.7) предназначен для измерения силы, необходимой для отделения участка испытуемого покрытия определенного диаметра от основы, на которую оно нанесено, с помощью гидравлического давления. Давление отображается на цифровом дисплее пульта управления и показывает прочность покрытия по адгезии к поверхности.

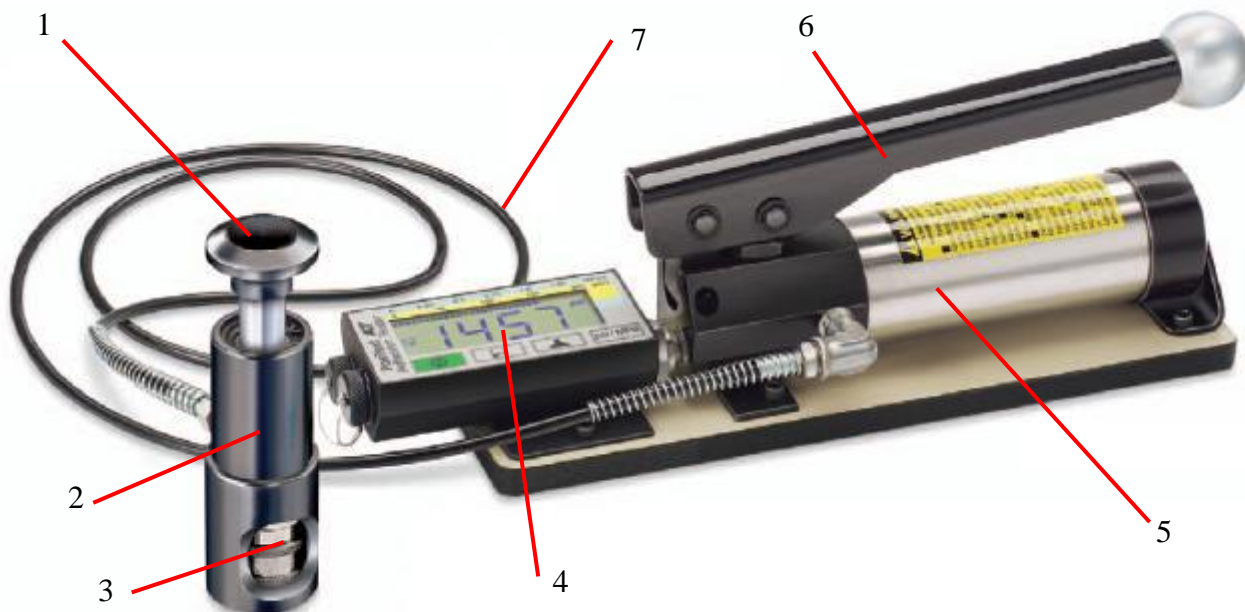


Рисунок 7.7. – Составные части адгезиметра PosiTest AT-M.

1 – рукоятка гидравлического привода; 2 – силовой привод в сборе; 3 – быстроразъемное соединение; 4 – пульт управления; 5 – ручной насос; 6 – ручка насоса; 7 – гибкий шланг.

Адгезиметр PosiTest AT-M управляется с пульта (рисунок 7.8), на котором размещаются:

- 1) Кнопка включения, которая приводит адгезиметр в состояние готовности к следующему отрыву;
- 2) Кнопка управления памятью, которая позволяет сохранить показания в памяти или просмотреть их,
- 3) Кнопка выбора размера грибка, с помощью которой адгезиметр настраивается на снятие показаний для применяемых диаметров грибков 10, 14, 20 или 50 мм. При этом величина усилия перечисляется в напряжение в зависимости от площади грибка и выводится на дисплей в МПа или Пси;
- 4) Кнопка переключения единиц измерений величины напряжений в МПа или Пси;
- 5) Индикатор скорости отрыва для облегчения контроля и настройки скорости отрыва (Пси / сек или МПа / сек);
- 6) Жидкокристаллический дисплей, отображающий процесс изменения нагрузки и удерживает максимальное значение отрыва;
- 7) Индикатор разрядки батареи;
- 8) Индикатор режима памяти, который указывает, что показания находятся в памяти;
- 9) Порт USB для передачи данных
- 10) Порт питания.



Рисунок 7.8. – Общий вид пульта управления PosiTest AT-M:

1 – кнопка включения; 2 – кнопка управления памятью; 3 – кнопка выбора размера грибка; 4 – переключатель единиц измерений; 5 – индикатор скорости отрыва; 6 – жидкокристаллический дисплей 7 – индикатор разрядки батареи; 8 – индикатор режима памяти.

Согласно ASTM D4541, ASTM D7234, ISO 4624 и др., PosiTest оценивает адгезию (прочность отрыва) покрытия путем определения наибольшего растягивающего усилия, которое оно может выдержать перед отрывом. Место разрушения, о котором свидетельствуют поверхности разрушения, происходит вдоль слабой плоскости в системе, состоящей из грибка (цилиндра), клея, слоев покрытия и основания, на которое нанесено покрытие.

Основные параметры прибора:

- Размер грибка: 10, 14, 20, 50 мм.
- Разрешение прибора $\pm 0,01$ МПа.
- Точность от полной шкалы: $\pm 1\%$.
- Максимальное значение давления (адгезионная прочность):

Для грибков размером	10 мм	70 МПа;
	14 мм	40 МПа;
	20 мм	20 МПа;
	50 мм	3,5 МПа.

Неровная поверхность склеивающего адгезива и покрытия при испытании приводит к неодинаковым усилиям отрыва и получению случайных необъяснимых показателей. Для получения результатов адгезии с лучшей повторяемостью, чтобы они подвергались интерпретации, необходимо отрывая усилия, которое прикладывается к испытательному цилиндру (грибку), равномерно распределить по испытываемой поверхности.

Адгезиметр PosiTest AT компенсирует несоосность. Самоцентрирующийся, с быстрым захватом исполнительный механизм и сферическая шарнирно-закрепляемая головка грибка (цилиндра) (рис.6) обеспечивают равномерное распределение отрывного усилия по испытываемой поверхности, предотвращая односторонний отрыв.

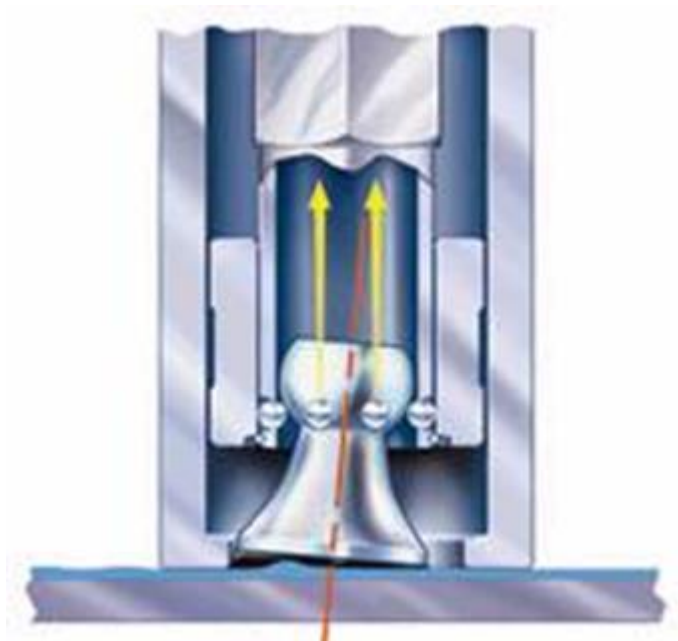
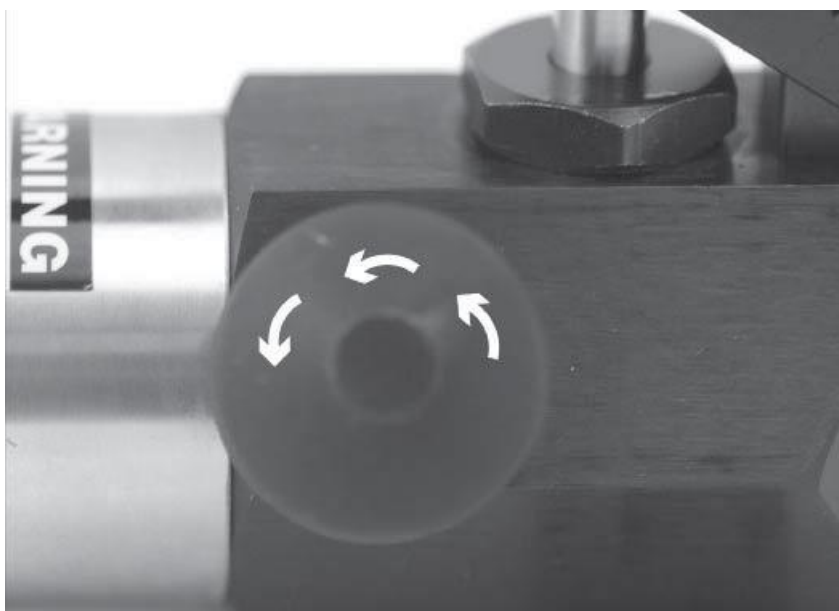


Рисунок 7.9. – Самоцентрирующийся исполнительный механизм с быстрым захватом и сферической шарнирно-закрепленной головкой грибка.

7.6.3.2.2. Порядок работы с адгезиметром PosiTest AT-M.

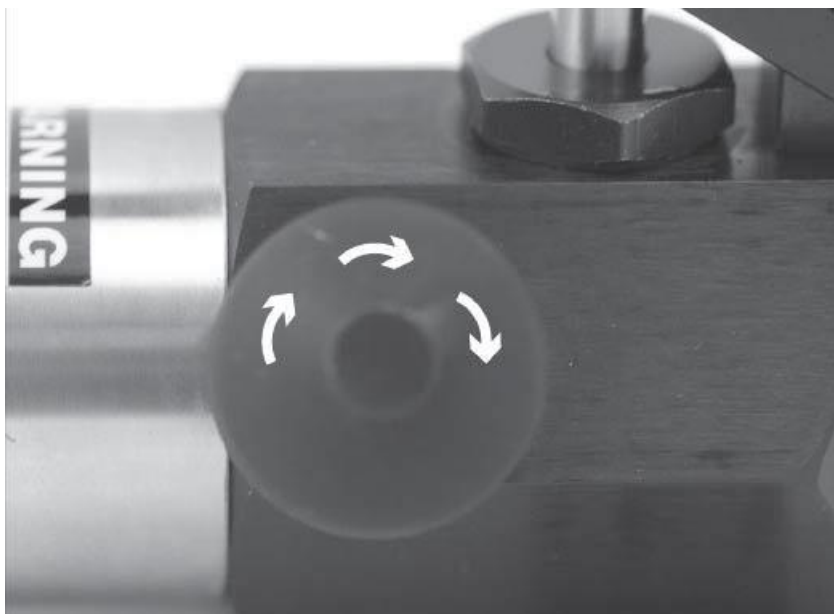
Работа с адгезиметром PosiTest AT-M выполняется в следующей последовательности:



1) Убедитесь, что предохранительный клапан на насосе полностью открыт. (Повернуть против часовой стрелки).




2) Подключите привод к грибку. Для этого вдавите рукоятку гидравлического привода в силовом приводе полностью вниз. Поместите силовой привод в сборе над шляпкой грибка и присоедините быстроразъемное соединение к грибку, протянув его через отверстия в силовом приводе и подняв быстроразъемное соединение вверх. Отпустите быстроразъемное соединение, когда шляпка грибка полностью зайдет в зацепление.

3) Полностью закройте предохранительный клапан сброса давления на насосе (повернуть по часовой стрелке)



ПРИМЕЧАНИЕ: при необходимости проверить и отрегулировать размер грибка, нажав на кнопку . Выберите единицы измерения давления, нажав на кнопку . Инструмент будет поддерживать эти настройки даже после нажатия кнопки .

4) Обнуление прибора перед накачкой наноса, нажатием на кнопку . Это действие подготавливает прибор для испытания, очищая дисплей, и выполняет обнуление инструмента.

5) Медленно подкачайте насос, пока на экране не появится отображаемое значение начального давления отрыва. Пусковое давление является точкой, начиная с которой прибор начинает расчеты и отражает уровень нагрузки. Кроме того, при этом давлении включается способность прибора сохранять показания. Пусковое давление для различных диаметров грибков разное:

10 мм	–	2,8 МПа;
14 мм	–	1,4 МПа;
20 мм	–	0,7 МПа;
50 мм	–	0,4 МПа.

ПРИМЕЧАНИЕ: для достижения оптимальных результатов, перед повышением пускового давления, поверните ручку насоса в полностью вертикальное положение, а затем выполните один ход с требуемой скоростью нагружения, пока привод не отделит грибок от покрытия.

6) Откройте клапан сброса давления и снимите грибок с силового привода в сборе.

7) Показания могут быть сохранены в памяти, нажав на кнопку.

7.6.3.3. Порядок проведения испытаний на отрыв.

7.6.3.3.1. Общие положения.

На отрыв испытания можно проводить непосредственно на конструкции или с помощью тестовых панелей подготовленных в то же время и таким же образом, как покрытие на конструкции.

Метод с использованием тестовых панелей предназначен для использования только в том случае, если это указано в спецификации или согласовано между заинтересованными сторонами.

Для испытания лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом нормального отрыва используются тестовые цилиндры различных форм и сила может быть приложена раз-

личными способами, такими как гидравлическое давление, пневматический давление или с помощью сжатия пружин.

Измерительное оборудование, используемое, должно быть откалиброванным. Прибор должен иметь сертификат калибровки, чтобы удостовериться, что он является точным и относится к используемому инструменту, то есть имеет тот же серийный номер. Регулирования и калибровки осуществляются производителем или уполномоченной организацией.

Перед проведением испытаний, предварительно нанесенные покрытия должны быть высушены/полимеризованы в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя красок.

В отсутствие рекомендаций производителя, покрытие перед тестированием должно быть высушено / полимерных течение по крайней мере 10 дней в хорошо проветриваемых условиях и при температуре подложки более 15°C и относительной влажности менее 80%.

Скорость, с которой прикладывается сила для отрыва испытательного цилиндра, влияет на прочность отрыва при получении результата. Поэтому растягивающие напряжения должны прилагаться в направлении, перпендикулярном плоскости подложки с покрытием и должны увеличиваться с равномерной скоростью, не более 1 МПа/с, чтобы разрушения произошло в течение 90 с. Тестовое оборудование, не соответствующее этим требованиям не подходит.

Неравномерное приложение силы может привести к преждевременному разрушению покрытия и давать ложные результаты. Оборудование с ручным управлением не обязательно обеспечит равномерный рост приложенной силы.

7.6.3.3.2. Подготовка к испытаниям.

Перед проведением испытаний необходимо проследить за тем, чтобы испытательное оборудование находилось в исправном рабочем состоянии. Измерить скорость, с которой увеличивается сила, для обеспечения соответствия требованиям. Очистить поверхность цилиндра и защитного красочного покрытия перед тестированием. Процесс очистки должен включать тщательное обезжиривание.

Чтобы уменьшить вероятность плохого сцепления клея, надо зачистить испытательный цилиндр (например, путем пескоструйной очистки) и поверхности защитной краски покрытия (например, тонким наждачной бумагой). Если осуществляется абразивная зачистка, поверхность после этого должна быть очищена от пыли.

Нанесите клей тонкой и равномерной пленкой по всей поверхности торца цилиндра в достаточном количестве, чтобы обеспечить хорошую связь с лакокрасочным покрытием. Избегайте нанесения клея толстым слоем, так как неравномерное нанесение клея может привести к возникновению усилий отрыва, не перпендикулярных к поверхности покрытия.

Чтобы обеспечить правильное использование клея, используйте инструкцию, прилагаемую к клею.

Для вырезания лакокрасочного покрытия вокруг испытательного грибка до подложки, используют цилиндрическое режущее устройство, чтобы отделить участки тестируемого образца от остального покрытия.

Этапы подготовки и испытаний показаны на рисунках 7.10-7.11.

7.6.3.3.3. Испытание покрытия на отрыв.

Испытуемый цилиндр (грибок) вводят в зацепление с силовым приводом испытательного разрывного прибора (адгезиметра), выравнивая зацепление таки образом, чтобы растягивающее усилие прикладывалось равномерно по всей испытуемой площади без изгибающего момента.



Рисунок 7.10. – Приклеивание грибка на место проведения испытаний.



Рисунок 7.11. – Сквозное прорезание покрытия до металла.

Прикладывают растягивающее напряжение (рисунок 7.12), увеличивая его со скоростью не более 1 МПа/с, перпендикулярно плоскости окрашенной поверхности, так чтобы разрушение испытуемого образца произошло в течение 90 секунд с момента начального растяжения.

Записывают растягивающее усилие, требующееся для разрушения испытуемого образца.

Повторяют испытание на отрыв для каждого подготовленного испытуемого образца.



Рисунок 7.12. – Измерение адгезии адгезиметром PosiTest AT-M.

7.6.3.4. Обработка результатов испытаний.

7.6.3.4.1. Интерпретация результатов.

Прочность покрытия на разрыв σ для каждого испытуемого образца задается, в мегапаскалях (МПа), путем деления разрывного усилия F , в ньютонах (Н), на площадь испытательного цилиндра (грибка) A , в квадратных миллиметрах (мм^2).

Если результат измерения превышает заданное значение, то испытание является действительным независимо от типа разрушения.

Как только при испытании измеряемое значение прочности покрытия на разрыв превысило заданное значение, нет необходимости продолжать испытания, пока не произойдет разрушение, если иное не указано в спецификации.

Если при испытаниях на конструкциях или образцах-свидетелях (см. ISO 16276-1) предел прочности на разрыв меньше, чем заданное значение, данные испытания должны быть оценены следующим образом:

- Если более 20% от площади торца разрушено по клею («Y / Z» и / или «Y» и / или «- / Y»), тест является недействительным и его нужно повторить.

- Если не оговорено иное, имеющие силу измерения требуют, чтобы окружающие условия измерений соответствовали ISO 4624 (температура $23 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительная влажность $50 \pm 5\%$ в течение не менее 16 часов). Если эти необходимые условия не выполняются, для подтверждения результатов осуществляются лабораторные испытания в соответствии с ISO 4624.

С целью установления характера разрушения покрытия необходимо осмотреть поверхности разрушения и выполнить оценку типа разрушения следующим образом:

- «А» – когезионное разрушение основания;
- «А / В» – адгезионное разрушение между основанием и 1-м слоем (грунтовкой);
- «В» – когезионное разрушения 1-го слоя (грунтовки);
- «Е / С» – адгезионное разрушение между 1-м и 2-м слоем покрытия;
- «С» – когезионное разрушение 2-го слоя;
- «С / *m*» – адгезионное разрушение между 2-м слоем и *m*-м слоем красящей многослойной системы;
- «*m*» – когезионное разрушения *m*-го слоя многослойной системы;
- «*m* / *n*» – адгезионное разрушение между слоями *m* и *n* многослойной системы;
- «*n* / →» – адгезионные разрушения между слоем *n* и верхним слоем многослойной системы;
- «←» – когезионное разрушения верхнего слоя многослойной системы;
- «← / Y» – адгезионные разрушения между верхним слоем и клеем;
- «Y» – когезионное разрушения клея;
- «Y / Z» – адгезионные разрушения между клеем и тестовым грибком.

На рисунок 7.13 показано граница раздела фаз между испытуемым грибком, клеем, верхним слоем, промежуточным слоем, грунтовкой и основанием.

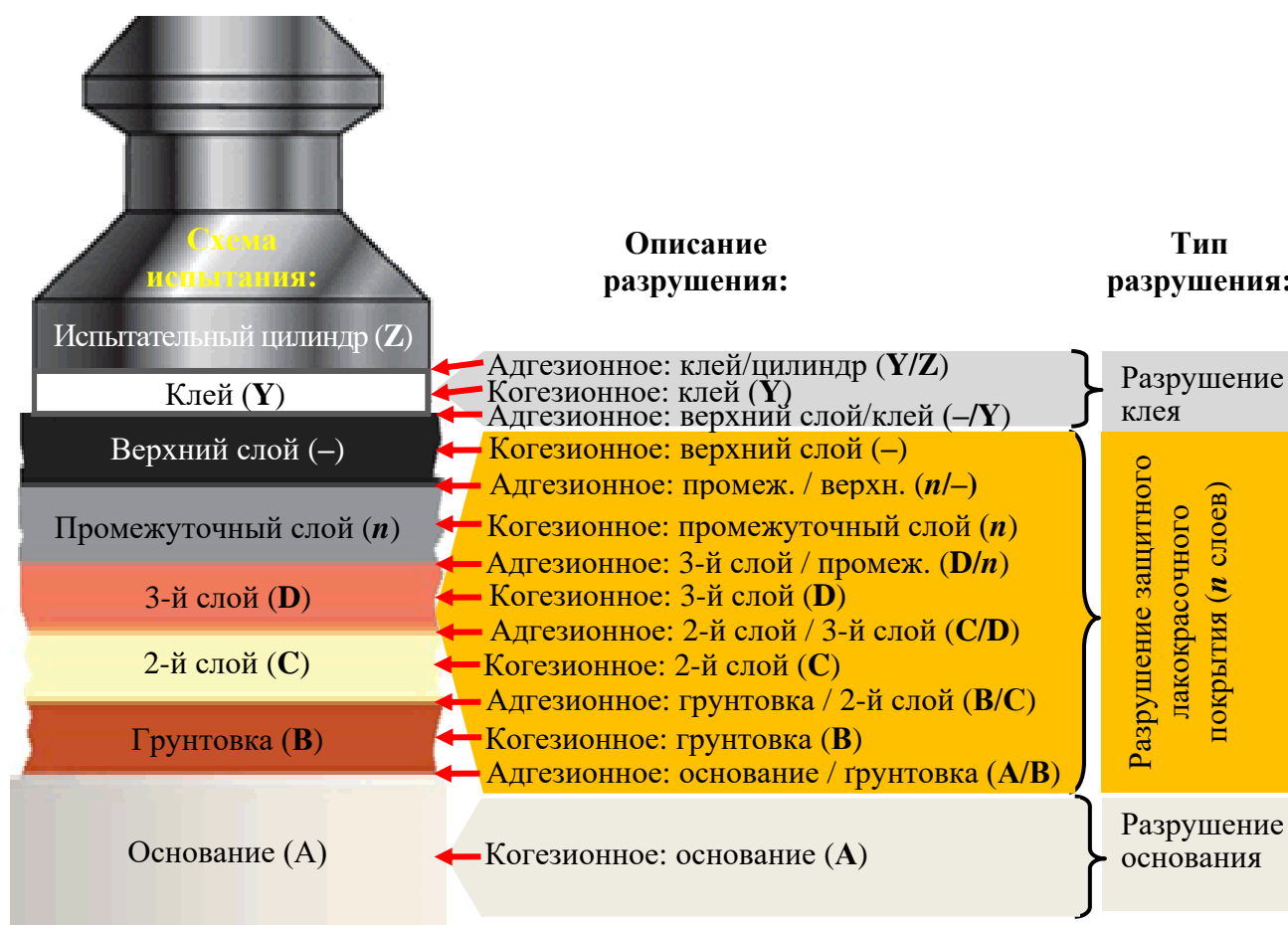


Рисунок 7.13. – Описание типов разрушений.

Для того, чтобы разрушение отнести к когезионному или адгезионному типу, площадь соответствующего разрушения должна быть не менее 80% от площади торца испытуемого цилиндра.

7.6.3.4.2. Выражение результатов.

Результаты испытаний должны быть представлены в виде отдельных моделей разрушения, используя описания, приведенных в п. 7.8.4.1, с указанием процентов адгезионного и когезионного разрушения. При условии, что требования условий среды были выполнены, значения прочности на разрыв должны быть выражены в МПа или как число испытаний, в которых заданное значение было превышено.

7.6.3.4.3. Пример выражения результатов (ISO 4624).

Если система покрытия разрушается при среднем растягивающем усилии 8,5 МПа, и анализ разрушений в месте отрыва на окрашенной поверхности и на грибок показывает, что примерно 20% площади заготовки демонстрирует когезионное разрушение верхнего слоя, а 80 % площади разрушения – адгезионное разрушение между основанием и грунтовкой, то результат испытания на отрыв выражается следующим образом:

8,5 МПа, 20% – , 80 % А/В.

7.6.3.4.4. Критерии принятия результатов.

Для принятия проверяемого участка на объекте должны быть удовлетворены следующие критерии:

- а)* Значение предела прочности между основанием и грунтовкой (А / В) должно быть равным или превышать заданное значение;
- б)* При снятии 10 или более измерений на одном проверяемом участке, не более одной десятой значений усилия отрыва должно быть между 20% и 60% от заданного значения;
- в)* Две трети из измеренных значений усилия отрыва должны быть равны или больше, чем заданное значение, с дополнительным требованием, что остальная треть значений не ниже 80% от заданного значения.

7.6.3.4.5. Протокол испытаний адгезии на отрыв.

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

- а)* Все сведения, необходимые для идентификации испытуемых защитных лакокрасочных покрытий, в том числе, но не ограничиваясь, номер партии системы окраски, толщины покрытия (например, измеряется в соответствии с ISO 19840), а также времени и условий высыхания / отверждения, в том числе условия в течение 24 часов. до начала испытания;
- б)* Ссылку на стандарт ISO (ISO 16276-1: 2007);
- в)* Все сведения, необходимые для идентификации оборудования, используемого для определения усилий отрыва, а также соответствующих данных о поверке, подтверждающие пригодность оборудования для испытаний;
- г)* Все сведения, необходимые для идентификации основания;
- д)* Все сведения, необходимые для описания подготовки поверхности основания;
- е)* Используемый клей, время и условия высыхания / отверждения, в том числе температура окружающей среды;
- ж)* Все сведения, необходимые для идентификации проверяемых участков;
- з)* Заявление о том, что условия соответствия для каждого участка проверки были или не были соблюдены;
- и)* Результаты измерений, выражаемые, как указано в пункте 7.8.4.3 (в том числе, где это возможно, фотографическая фиксация участка разрушения и торца тестового цилиндра);
- к)* Температура окружающей среды, относительная влажность и температура окрашенной поверхности конструкции во время измерений;

- л) Дата измерения;
- м) Ф.И.О. инспектора.

7.7. Содержание лабораторной работы.

В настоящей лабораторной работе инструктор демонстрирует каждый инструмент и снабжает материалом, необходимым для выполнения работы на каждом отдельном посту.

Каждый студент должен выполнить поставленное задание на каждом из отдельных постов с применением соответствующих инструментов и составить отчет по каждому из видов работ.

7.7.1. Пост № 1. – Определение адгезии решетчатым надрезом по ISO 2409.

Оборудование и материалы:

- Магнитный толщиномер, с диапазоном измерений от 0 до 2000 мкм с точностью $\pm 3 \%$.
- Однолезвийный режущий инструмент с V-образной режущей кромкой.
- Металлическая линейка или шаблон для нанесения решетчатых надрезов.
- Ручная лупа с 2- или 3-кратным увеличением.
- Кисть волосяная, плоская, мягкая, шириной не менее 10 мм.
- Прозрачная липкая лента, приклеивающаяся при надавливании.
- Прозрачный лист для приклеивания снятой после испытаний ленты.
- Копия стандарта ISO 2409.
- Копия стандарта ISO 16276-2.

7.7.1.1. Последовательность проведения испытаний.

1. Измеряют толщину покрытия с помощью магнитного толщиномера.
2. С учетом толщины покрытия принимают решение о расстоянии между решетчатыми надрезами.
3. При равномерном давлении на режущий инструмент, используя подходящий шаблон или металлическую линейку, однолезвийным ножом наносят на покрытие шесть надрезов до основания окрашиваемой поверхности в выбранном направлении на расстоянии друг от друга, принятом в п. 2, при равномерной скорости резания длиной не менее 20 мм. Лезвие режущего инструмента держат перпендикулярно к испытываемой поверхности.
4. Повторяют указанную операцию под углом 90° к первоначальным надрезам для получения решетки с четко выраженными точками пересечения.
5. Осторожно очищают пластинку мягкой кистью, проводя несколько раз вперед и несколько раз назад вдоль обеих диагоналей решетки.
6. При хорошем освещении внимательно осматривают поверхность надрезов тестируемого покрытия, чтобы все прорезы в пределах решетки пересекали всю толщину покрытия, вплоть до поверхности основания. Допускается использовать лупу. При осмотре поверхностей надрезов исследуемую поверхность осматривают под разными углами зрения и падающего света, не ограничиваясь одним направлением. Если прорезы не полностью пересекают поверхность покрытия, повторить нанесение решетки.
7. В начале новой серии испытаний с катушки с липкой лентой удаляют два полных витка ленты.
8. При равномерной скорости отматывают и отрезают кусок длиной примерно 75 мм.
9. Центр отрезанной ленты помещают на решетку параллельно одному из направлений надрезов и разглаживают ленту пальцем по поверхности решетки и на расстоянии не менее 20 мм за решеткой. Для проверки плотности контакта с покрытием прижимают ленту кончиком пальца или ногтем. Цвет покрытия, видимый через ленту, является показателем полного контакта.

10. Через 5 мин после приклеивания ленты ее удаляют, держа за свободный конец и плавно отрывая за 0,5-1,0 с. под углом, примерно 60°.

11. В соответствии с таблицей 7.3 поверхность испытуемого покрытия и поверхность пленки классифицируют в баллах, сравнивая их с изображениями внешнего вида поверхности надрезов после отслоения покрытия.

12. Приклеивают липкую ленту после ее снятия на прозрачную пленку для сохранения в качестве справочной информации, а также делают фото-фиксацию поверхности покрытия после испытаний.

13. Для системы покрытий, состоящей более чем из одного слоя, наклеивание и удаление ленты повторите в каждом направлении решетки.

7.7.1.2. Обработка результатов испытания.

Результат считают удовлетворительным, если адгезия методом решетчатых надрезов не превышает 2 балла по ISO 2409.

После окончания тестирования составляют протокол по форме, приведенной в п. 7.6.1.7.

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. Какова максимальная толщина сухой пленки покрытия может быть проверена методом решетчатых надрезов? _____

2. Какие и при каких условиях принимаются расстояния между надрезами?

3. Минимальное количество случайных испытаний для оценки адгезии покрытия решетчатым надрезом на всем контролируемом участке на объекте?

4. Сущность метода решетчатых надрезов. _____

5. Что такое когезия? _____

6. Какой бал адгезии вы определили? _____

7.7.2. Пост № 2 – Определение адгезии X-надрезом по ISO 16276-2.

Оборудование и материалы:

- Магнитный толщиномер, с диапазоном измерений от 0 до 2000 мкм с точностью $\pm 3\%$.
- Однолезвийный режущий инструмент с V-образной режущей кромкой.
- Металлическая линейка или шаблон для нанесения X-надрезов.
- Ручная лупа с 2- или 3-кратным увеличением.
- Кисть волосяная, плоская, мягкая, шириной не менее 10 мм.
- Прозрачная липкая лента, приклеивающаяся при надавливании.
- Прозрачный лист для приклеивания снятой после испытаний ленты.
- Копия стандарта ISO 16276-2.

7.7.2.1. Последовательность проведения испытаний.

1. Измеряют толщину покрытия с помощью магнитного толщиномера.
2. При равномерном давлении на режущий инструмент, используя шаблон или металлическую линейку, однолезвийным ножом наносят на покрытие надрез до основания окрашиваемой поверхности в выбранном направлении, при равномерной скорости резания длиной не менее 40 мм. Лезвие режущего инструмента держат перпендикулярно к испытываемой поверхности.
3. Повторяют указанную операцию под углом от 30° до 45° к первоначальному надрезу с четко выраженной точкой пересечения.
4. Осторожно очищают пластинку мягкой кистью, проводя несколько раз вперед и несколько раз назад вдоль обоих надрезов.
5. При хорошем освещении внимательно осматривают поверхность надрезов тестируемого покрытия, чтобы все прорезы пересекали всю толщину покрытия, вплоть до поверхности основания. Допускается использовать лупу. При осмотре поверхностей надрезов исследуемую поверхность осматривают под разными углами зрения и падающего света, не ограничиваясь одним направлением. Если прорезы не полностью пересекают поверхность покрытия, повторить нанесение X-надреза.
6. В начале новой серии испытаний с катушки с липкой лентой удаляют два полных витка ленты.
7. При равномерной скорости отматывают и отрезают кусок длиной примерно 75 мм.
8. Центр отрезанной ленты помещают на центр X-образного надреза, разглаживают ее вдоль острых углов, плотно прижимая к покрытию. Для проверки плотности контакта с покрытием прижимают ленту кончиком пальца или ногтем. Цвет покрытия, видимый через ленту, является показателем полного контакта.
9. Через 5 мин после приклеивания ленты ее удаляют, держа за свободный конец и плавно отрывая за 0,5-1,0 с. под углом, примерно 60° вместе с отслоившимися участками покрытия.
10. В соответствии с таблицей 7.4 поверхность испытываемого покрытия и поверхность пленки классифицируют в баллах, сравнивая их с изображениями внешнего вида поверхности надрезов после отслоения покрытия.
11. Приклеивают липкую ленту после ее снятия на прозрачную пленку для сохранения в качестве справочной информации, а также делают фото-фиксацию поверхности покрытия после испытаний.

7.7.2.2. Обработка результатов испытания.

Результат считают удовлетворительным, если адгезия методом X-надрезов соответствует или лучше, чем указано в спецификации на данную конструкцию.

После окончания тестирования составляют протокол по форме, приведенной в п. 7.6.2.5.

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. Какова толщина сухой пленки покрытия может быть проверена методом X- надрезов?

2. Какой принимается угол между линиями X-надрезов? _____

3. Минимальное количество случайных испытаний для оценки адгезии покрытия X-надрезом на всем контролируемом участке на объекте?

4. Сущность метода X-надрезов. _____

5. Что такое адгезия? _____

6. Какой бал адгезии вы определили? _____

7.7.3. Пост № 3. – Определение адгезии методом нормального отрыва по ISO 16276-1.

Оборудование и материалы:

- Прибор для определения разрывного напряжения (адгезиметр).
- Магнитный толщиномер, с диапазоном измерений от 0 до 2000 мкм с точностью $\pm 3 \%$.
- Испытательные цилиндры (грибки).
- Режущее цилиндрическое устройство.
- Клей.
- Палочки для перемешивания клея.
- Палочки для нанесения клея.
- Хлопчатобумажные тампоны.
- Наждачная бумага.
- Кисть волосяная, плоская, мягкая.
- Прозрачная липкая лента, приклеивающаяся при надавливании.
- Инструкция по эксплуатации адгезиметра.
- Копия стандарта ISO 4624:2002.
- Копия стандарта ISO 16276-1.

7.7.3.1. Последовательность проведения испытаний.

1. Измеряют толщину покрытия с помощью магнитного толщиномера.
2. Перед проведением испытаний проверить исправность испытательного оборудования.
3. Зачистить испытательный цилиндр и поверхности защитной краски покрытия (например, тонкой наждачной бумагой). Процесс очистки должен включать тщательное обезжиривание.
4. Мягкой кистью очистить от пыли, поверхности, которые зачищались.
5. Нанесите клей тонкой и равномерной пленкой по всей поверхности торца цилиндра в достаточном количестве, чтобы обеспечить хорошую связь с лакокрасочным покрытием. Избегайте нанесения клея толстым слоем, так как неравномерное нанесение клея может привести к возникновению усилий отрыва, не перпендикулярных к поверхности покрытия. Чтобы обеспечить правильное использование клея, используйте инструкцию, прилагаемую к клею.
6. Плотно придавите испытательный цилиндр (грибок) к подготовленной к испытанию поверхности покрытия и оставьте до полного высыхания. На вертикальных и потолочных поверхностях прикрепите грибок к тестируемой поверхности с помощью липкой ленты
7. После полного высыхания клея согласно его инструкции цилиндрическим режущим устройством вырезают лакокрасочное покрытие вокруг испытательного грибка до поверхности основания, чтобы отделить участки тестируемого образца от остального покрытия.
8. После подготовки грибка к испытаниям его вводят в зацепление с силовым приводом испытательного разрывного прибора (адгезиметра), выравнивая зацепление таким образом, чтобы растягивающее усилие прикладывалось равномерно по всей испытываемой площади без изгибающего момента.
9. Прикладывают растягивающее напряжение, увеличивая его со скоростью не более 1 МПа/с, перпендикулярно плоскости окрашенной поверхности, так чтобы разрушение испытуемого образца произошло в течение 90 секунд с момента начального растяжения.
10. Записывают растягивающее усилие, требующееся для разрушения испытуемого образца.
11. С целью установления характера разрушения покрытия необходимо осмотреть поверхности разрушения и выполнить оценку типа разрушения.
12. Делают фото-фиксацию поверхности покрытия после испытаний.
13. Повторяют испытание на отрыв для каждого подготовленного испытуемого образца.

7.7.3.2. Обработка результатов испытания.

Результат считают удовлетворительным, если адгезия методом нормального отрыва соответствует или лучше требований спецификации, технической документации или таблицы 3 стандарта ISO 20340 «Лакокрасочные покрытия – технические требования к системе защитных лакокрасочных покрытий для морских и аналогичных им конструкций» (см. приложение 7.1).

После окончания тестирования составляют протокол по форме, приведенной в п. 7.6.3.4.5.

Дайте ответы на следующие вопросы:

1. В чем суть метода определения адгезии / когезии антикоррозийного покрытия к основанию методом отрыва? _____

2. Что такое прочность на отрыв? _____

3. Какие материалы, приборы и оборудование и для чего применяют при определении адгезии / когезии антикоррозийного покрытия? _____

4. Что включает подготовка к испытаниям адгезии методом отрыва?

5. Использование образцов-свидетелей для испытания на площадке: _____

6. План отбора проб. Какое минимальное количество измеряемых значений в пределах проверяемой площади на объекте? _____

7. Описать типы разрушения при испытании адгезии: _____

8. Дать оценку результатов испытаний лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом прямого отрыва по данным приложения 7.П. _____

9. Какую прочность на отрыв и характер разрушения вы определили? Записать результат


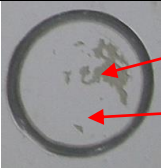
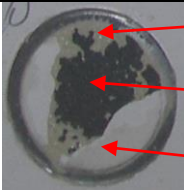
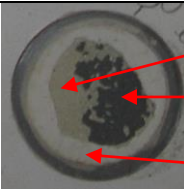
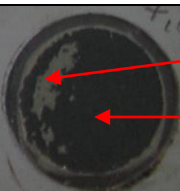
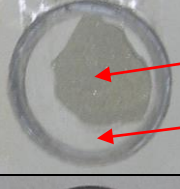
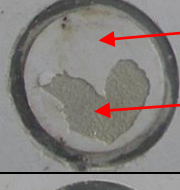
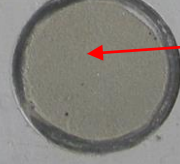
Приложение 7.1.

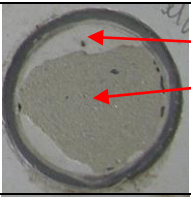

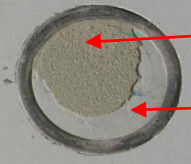
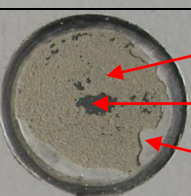

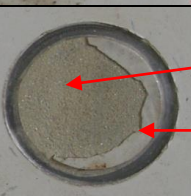


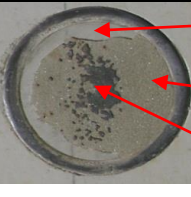
Таблица 3 (ISO 20340) – Типовые примеры некоторых систем защитных лакокрасочных покрытий и их первоначальное исполнение


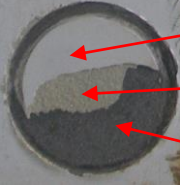

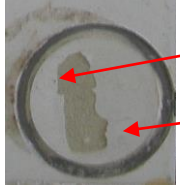

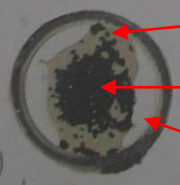
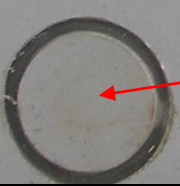
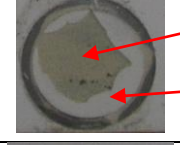
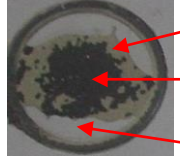
Грунтовка	Углеродистая сталь, зачищенная пескоструйной обработкой: Sa 2 % - Sa 3; Профиль поверхности: средний (G)							Горячее цинкование ^a	Сталь с металл. покрытием ^a	
Категория коррозии	C5-M			Im2				C5-M	C5-M	
Первый слой	Zn(R) ^b силикат	Zn(R) органич.	Др.грунт. покрытие	Zn(R) ^b силикат	Zn(R) органич.	Другое				
НТСП, мкм	>60	>40	>60	>60	>40	>60	>200	-		
Количество слоев	4 (включая связующий слой)	3	3	4(включая связующий слой)	3	3	2	1	2	2(включая связующий слой)
НТСП системы лакокрасочных покрытий, мкм	>280	>300	>350	>330	>350	>450	>600	>800	>200	>200
Ниже приведенные результаты испытаний покрытий на прочность были получены в соответствии с ISO 4624 и могут использоваться, как величины необходимые перед квалификационными испытаниями.										
Результаты испытаний покрытий на прочность (до выдерживания) согласно ISO 4624, МПа	3	3	4	3	3	4	6	8	2	2
^a Толщина металлического покрытия согласно ISO 1461 (горячеоцинкованное покрытие) или ISO 2063 (металлизированная сталь); покрытие подготовлено согласно ISO 12944-4:1998, пункт 12 (горячеоцинкованное) или пункт 13 (металлизированная сталь)										
^b Zn(R) = грунт с большим содержанием цинка согласно ISO 12944-5.										

Приложение 7.И

Результаты испытаний лакокрасочных покрытий на адгезию / когезию методом прямого отрыва.

№ испытания	Прочность на отрыв, МПа	Характер разрушения
1	7,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоями. → Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями. → Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
2	5,5	 <ul style="list-style-type: none"> → Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоями. → Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
3	7,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Когезионное разрушение второго слоя. → Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями. → Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
4	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Когезионное разрушение второго слоя. → Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями. → Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
5	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Когезионное разрушение второго слоя. → Адгезионное разрушение между основанием и первым слоем.
6	4,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоем. → Когезионное разрушение клея.
7	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> → Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем. → Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоем.
8	5,5	 <ul style="list-style-type: none"> → Когезионное разрушение второго слоя.

№ испытания	Прочность на отрыв, МПа	Характер разрушения
9	4,0	 <ul style="list-style-type: none"> Когезионное разрушение клея. Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоем.
10	4,0	 <ul style="list-style-type: none"> Когезионное разрушение клея. Адгезионное разрушение между основанием и первым слоем.
11	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> Когезионное разрушение второго слоя Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
12	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоями. Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями. Когезионное разрушение клея.
13	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> Адгезионное разрушение между основанием и первым слоем. Когезионное разрушение второго слоя. Когезионное разрушение клея.
14	4,0	 <ul style="list-style-type: none"> Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоями. Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.
15	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями.
16	5,0	 <ul style="list-style-type: none"> Адгезионное разрушение между вторым и верхним слоями. Адгезионное разрушение между клеем и поверхностью грибка.
17	4,0	 <ul style="list-style-type: none"> Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем. Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями.

№ испытания	Прочность на отрыв, МПа	Характер разрушения
18	4,0	 <p>Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.</p>
19	5,0	 <p>Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем. Когезионное разрушение второго слоя. Когезионное разрушение первого слоя.</p>
20	4,0	 <p>Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.</p>
21	5,0	 <p>Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между клеем и поверхностью грибка.</p>
22	4,0	 <p>Когезионное разрушение верхнего слоя.</p>
23	5,0	 <p>Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между основанием и первым слоем. Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.</p>
24	5,0	 <p>Адгезионное разрушение между клеем и поверхностью грибка.</p>
25	4,0	 <p>Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между верхним слоем и клеем.</p>
26	5,0	 <p>Когезионное разрушение второго слоя. Адгезионное разрушение между первым и вторым слоями. Адгезионное разрушение между клеем и поверхностью грибка.</p>