

УДК 621.8+661.5

М. Е. Федосова<sup>1</sup>, А. Е. Федосов<sup>1</sup>, Л. А. Бердников<sup>2</sup>, Д. Н. Прошин<sup>3</sup>**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН И МЕХАНИЗМОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ  
ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

Дзержинский политехнической институт (филиал) Нижегородского государственного  
технического университета им. Р.Е. Алексеева<sup>1</sup>,  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева<sup>2</sup>,  
ЧУ ДО «Региональный институт экспертизы»<sup>3</sup>

Целью исследования является установление наличия причинно-следственной связи между физико-механическими характеристиками и возникновением дефектов лакокрасочного покрытия автомобиля. Для оценки физико-механических характеристик лакокрасочного покрытия использовались действующие в настоящее время на территории Российской Федерации и ряда зарубежных стран нормативные документы. Установлено, что даже при визуальной схожести дефектов и одинаковой природе воздействующих агрессивных веществ дефекты могут иметь абсолютно разные причины возникновения. Накопление подобных результатов приведет к созданию базы данных, позволяющей по физико-механическим характеристикам современных лакокрасочных покрытий с определенной долей вероятности предположить срок службы покрытия и прогнозировать возникновение наиболее вероятных дефектов. Определение причин и механизмов возникновения дефектов лакокрасочного покрытия является актуальной задачей вследствие увеличения количества обращений потребителей. В ходе работы установлено, что для точного определения причин возникновения дефектов необходимо многостороннее исследование лакокрасочного покрытия автомобиля, в том числе, определение основных физико-механических показателей лакокрасочного покрытия.

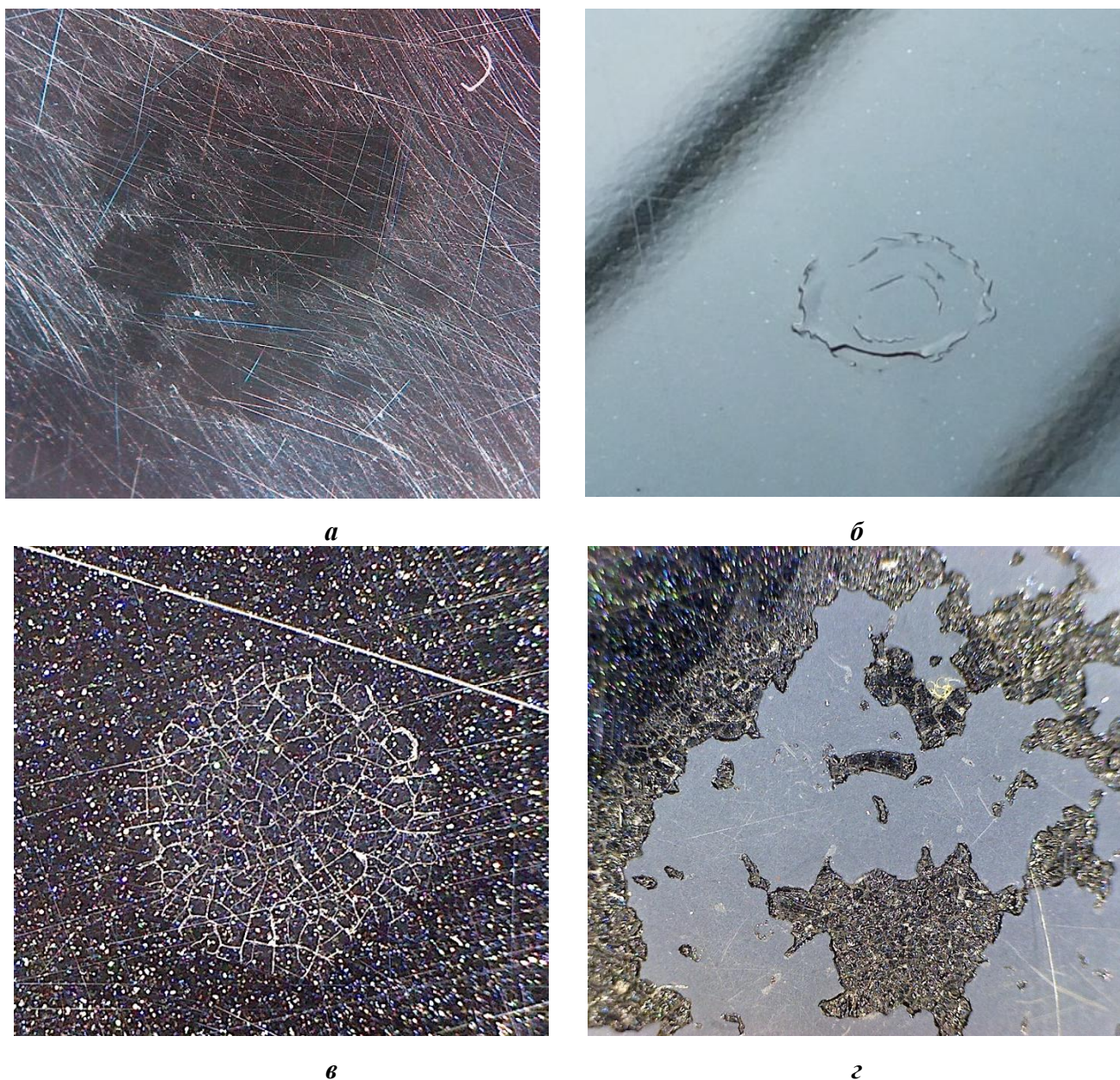
*Ключевые слова:* лакокрасочное покрытие автомобиля, дефект, причина возникновения, твердость покрытия, толщина покрытия, адгезия, отверждение, царапины.

Анализ статистических данных показывает, что в последнее время возросло число рекламаций покупателей автомобилей российского и иностранного производства в связи с обнаруживаемыми в процессе эксплуатации дефектами лакокрасочного покрытия (ЛКП) автомобиля. Часто дефекты ЛКП, имеющие абсолютно разные причины и механизмы возникновения (внешнее воздействие в процессе эксплуатации, нарушение технологического процесса нанесения покрытия) имеют схожий внешний вид, что затрудняет однозначное отнесение обнаруженного дефекта либо к производственным (заложенным на стадии производства), либо к эксплуатационным (возникшим при неправильной эксплуатации).

В данной статье авторами рассмотрены наиболее распространенные в последнее время дефекты в виде вздутий, сморщиваний, растрескиваний и отслоений покрытия, образующиеся преимущественно на горизонтальных кузовных элементах, имеющие схожий внешний вид, но разные механизмы и причины возникновения.

Внешний вид дефектов, о которых пойдет речь в данной статье, приведен на рис. 1. Согласно часто используемому дилерами автомобилей и экспертами-автотехниками каталогу дефектов лакокрасочного покрытия [1], такие дефекты после органолептического исследования однозначно относят к группе эксплуатационных, т.е. вызванных нарушением владельцем автомобиля условий эксплуатации, а именно, неудовлетворительным уходом и несвоевременным удалением агрессивных загрязнений в виде птичьего и пчелиного помета и секреторных выделений насекомых, аргументируя объяснениями и графическими пояснениями (рис. 2), приведенными в указанном источнике.

Сравнивая изображения дефектов, приведенных на рис. 1 и рис. 2, можно сделать вывод о визуальной схожести внешнего вида дефектов. Однако в данном случае использование только органолептических методов исследования ЛКП не позволяет однозначно судить о причинах и механизме возникновения подобных дефектов.

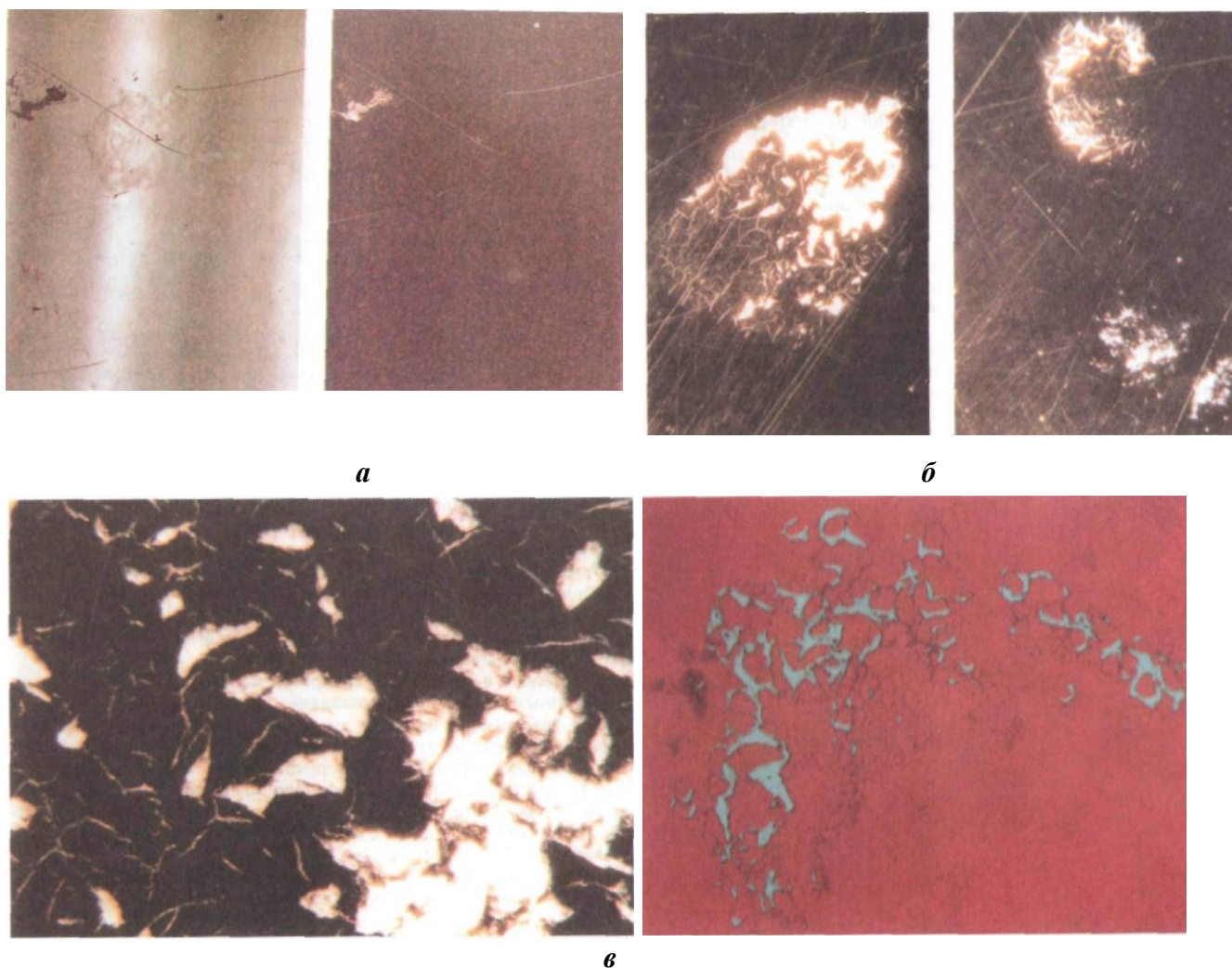


**Рис. 1. Дефекты лакокрасочного покрытия автомобиля в виде вздутия (а), сморщивания (б), растрескивания (в) и отслоения (г)**

Известно, что лакокрасочное покрытие автомобиля представляет собой многослойную пленку, образующуюся после высыхания и отверждения специального композиционного состава, нанесенного на металлическую подложку – кузовные элементы автомобиля, имеющую прочное сцепление с основанием. Основным назначением лакокрасочного покрытия автомобиля является защита кузовных элементов автомобиля от внешних воздействий (влаги и кислорода воздуха, температур и УФ-излучения, агрессивных веществ и т.д.) в течение установленного времени, придание кузову автомобиля набора декоративных свойств: определённого вида, цвета и фактуры. Комплексное лакокрасочное покрытие съемных кузовных элементов и кузова в целом является составной частью данных деталей. Комплексное лакокрасочное покрытие нового автомобиля закладывается в полном объеме заводом-изготовителем транспортного средства по собственным технологиям с применением материалов, высыхающих при повышенных температурах.

На этапе установления точных причин и механизмов возникновения дефектов ЛКП крайне важно исследовать основные физико-механические свойства покрытия, в том числе тол-

щину, адгезию, твердость и т.д., с целью определения причинно-следственной связи между значениями этих параметров и причинами возникновения описываемых дефектов покрытия.



**Рис. 2. Дефекты лакокрасочного покрытия автомобиля в виде вздутия (а), растрескивания (б) и отслоения (в), вызванные воздействием птичьего помета**

В настоящее время, согласно действующим на территории Российской Федерации и в зарубежных странах нормативным документам в области исследования качества лакокрасочного покрытия автомобиля [2–7], применяются следующие методы определения физико-механических характеристик ЛКП:

1. Определение толщины комплексного покрытия с целью установления среднего, максимального и минимального значения толщины ЛКП согласно [2]. Стандарт применяется для определения толщины лакокрасочных покрытий следующими методами: измерение толщины высушенного покрытия приборами, использующими механический контакт; магнитный метод; метод вихревых токов. Толщина пленки является важным технологическим показателем, так как характеризует равномерное распределение лакокрасочного материала по всему периметру окрашиваемой поверхности. При оценке целого ряда свойств покрытий – технологических, физико-механических, противокоррозионных толщина покрытия строго регламентируется для каждого вида эмали или грунта, что связано с изменением хрупкости плёнки ЛКМ в зависимости от толщины плёнки.

2. Определение твердости покрытия по методам Бухгольца [3], Вольфа-Вильборна [4], Шора [5], Кнупа [6]. Твердость лакокрасочного покрытия – способность пленки противостоять вдавливанию или проникновению в нее твердого тела. Твердость характеризует степень

отверждения покрытия, и является функцией времени, израсходованного на высушивание лакокрасочного материала [8].

3. Измерение адгезии согласно методикам, приведенным в [7]. Прочность адгезионного соединения лакокрасочных покрытий с твердыми недеформирующимися подложками обусловлена как силами межмолекулярного взаимодействия, так и силами главных химических валентностей. При создании покрытий технолога интересуют два аспекта проблемы адгезии: факторы, обеспечивающие адгезионную прочность (адгезионные связи при контакте лакокрасочного материала с окрашиваемой поверхностью, продолжительность контакта, температура и т. д.) и необходимые усилия для нарушения адгезионного соединения, зависящие от условий эксплуатации покрытий (температуры, воздействия агрессивных сред, продолжительности действия нагрузки и т. д.). На адгезионную прочность в лакокрасочных покрытиях оказывают влияние внутренние напряжения: чем выше их значение, тем ниже адгезионная прочность [8, 9].

Кроме того, в случае обнаружения описываемых дефектов для однозначного определения причин и механизмов их возникновения крайне полезно проведение испытаний на стойкость лакокрасочных покрытий к статическому воздействию жидкостей согласно [9]. Данное исследование позволяет за короткий промежуток времени оценить и смоделировать процесс разрушения ЛКП под влиянием внешних условий.

Для определения причинно-следственной связи между значениями физико-механических показателей ЛКП и причинами возникновения описываемых дефектов ЛКП было проведено исследование нескольких автомобилей. Далее приведены полученные данные для двух полярных, наиболее представительных случаев, в которых причинами дефектов являются различные по своей природе силы.

На одном автомобиле черного цвета с покрытием типа «двухслойный металлик» обнаружены многочисленные дефекты в виде повреждений ЛКП, вызванных воздействием птичьего помета и секреторных выделений насекомых. При исследовании физико-механических характеристик покрытия установлено полное соответствие измеренных параметров твердости и толщины покрытия установленным требованиям для данного класса покрытия автомобиля.

Обнаруженные дефекты большей частью имеют округлую или вытянутую форму, несколько дефектов имеют расплывчатые границы с местными разрушениями ЛКП до слоя грунта на границе. На границе подобных дефектов наблюдаются трещины и отслоения, сама граница в результате разъедания имеет серый цвет.

Лаки представляют собой органические покрытия. В настоящее время для выполнения лакокрасочных работ не существует ни одного лакокрасочного материала, полностью устойчивого к такого рода воздействиям. Следует отметить, что пометом разрушается не только связующее вещество, но и пигменты. Птичий помет вызывает вспучивание покрывного слоя ЛКП одновременно с разрушением гомогенной (однородной) поверхности. Разрушенное и вспученное в результате воздействия птичьего помета лакокрасочное покрытие полностью утрачивает свои физико-химические и механические свойства, такие как прочность, блеск и т.п.

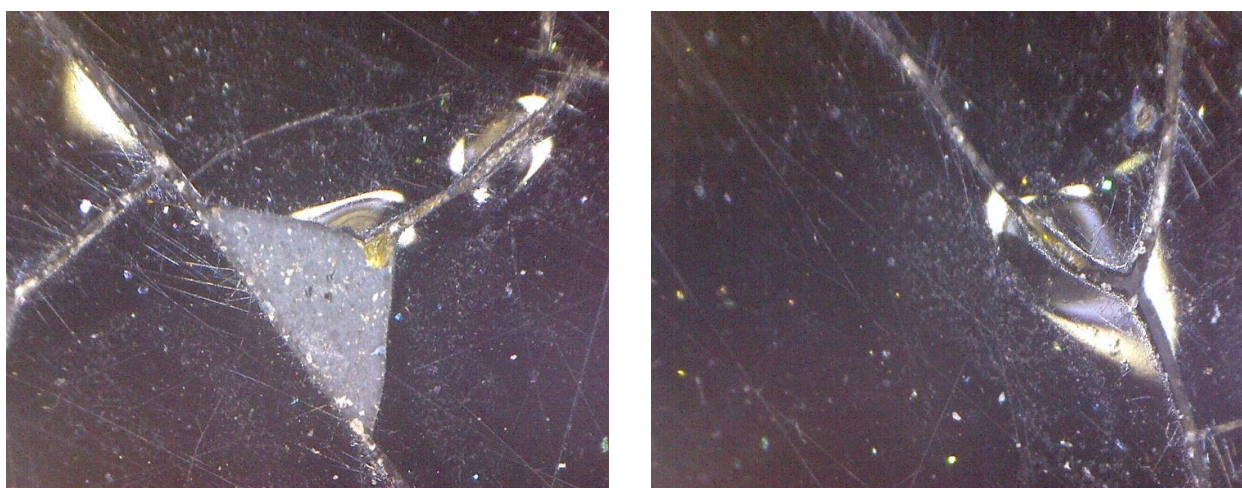
На крыше автомобиля, на капоте и крышке багажника (горизонтальные поверхности кузова автомобиля) имеются разрушения ЛКП в виде «сморщивания» и «растрескивания» верхнего слоя (до грунта) различной интенсивности и «отслоения» до грунтового слоя. На ощупь некоторые места дефектов липкие, легко удерживают загрязнения. Размеры наиболее интенсивных разрушений (на крышке багажника автомобиля) достигают в длину 50x50 мм. Данные разрушения стали возможны по причине длительного воздействия агрессивных веществ биологического происхождения (в частности, птичий помет, секреторные выделения насекомых). Далее в процессе эксплуатации под воздействием атмосферного старения места «сморщивания» получают дальнейшее разрушение в виде «растрескивания» и «отслоения» покрытия до слоя грунта. Толщина лакокрасочного покрытия вблизи (на расстоянии 2-5 мм)

дефекта составляет 110-120 мкм. Толщина лакокрасочного покрытия в центре дефекта, после отслоения верхнего слоя ЛКП, 68-70 мкм. Разница составляет более 40 мкм, что указывает на разрушение слоев лака и базы до слоя грунта. Стадии развития дефекта приведены на рис. 3.



**Рис. 3. Стадии дефекта в виде разрушения ЛКП при воздействии птичьего помета:**  
*а* – сморщивание; *б* – растрескивание; *в* – отслоение

При изучении дефекта под микроскопом представилась следующая картина (рис. 4): под лакокрасочной пленкой на слое грунта видны следы воздействующего вещества желтого цвета.



**Рис. 4. Воздействующее вещество желтого цвета под пленкой**

При детальном изучении изображений с фотоаппарата и изображений, полученных с микроскопа, нельзя не отметить наличие большого скопления царапин в месте образования дефектов. Царапины имеют различное направление, ширину и глубину проникновения в лакокрасочное покрытие. Наличие царапин на поверхности ЛКП снижает стойкость покрытия к воздействию агрессивной среды и более того способствует накоплению и удержанию подобных веществ.

В ходе проведения исследования были выполнены исследования лакокрасочного покрытия на стойкость к внешнему воздействию агрессивной среды. С данной целью на крышке багажника на её горизонтальной поверхности в верхнем левом углу (по ходу движения автомобиля) был выбран произвольный участок лакокрасочного покрытия на который был помещен ватный круг диаметром 50 мм предварительно пропитанный агрессивной жидкостью.

В качестве воздействующего вещества выбран наиболее распространенный раствори-

тель 647 ГОСТ 18188-72. Воздействие на покрытие осуществлялось на протяжении пяти минут. После чего тампон был удален, место, подверженное влиянию, вытерто насухо и высушено при температуре окружающей среды. Затем место воздействия было оценено визуально с применением средств увеличения (рис. 5).

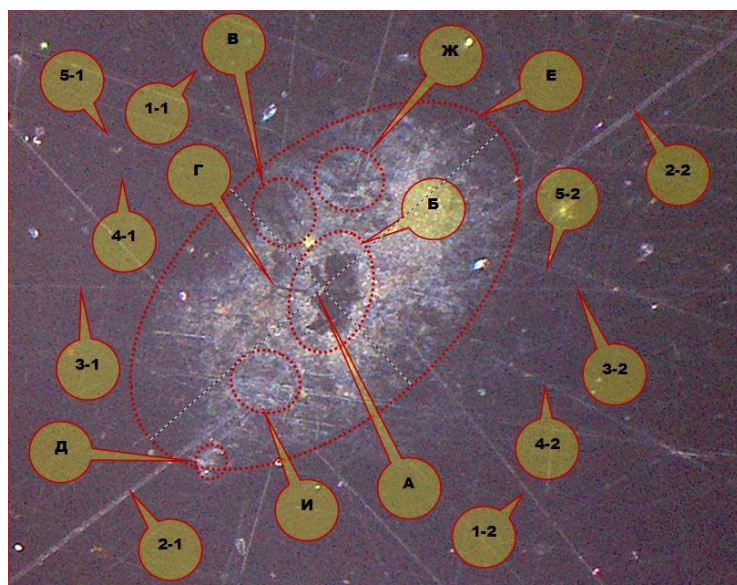


Рис. 5. Схема механизма возникновения дефекта

При визуальной оценке было выявлено, что изменений цвета и оттенка покрытия не произошло, блеск остался равномерным, поматовение отсутствует, границ между участком без обработки агрессивным составом и с таковым нет. На расстоянии не более 20 мм от центра испытуемого участка выявлено локальное помутнение лакового слоя размером 2,5 мм на 1,5 мм. Царапины верхнего декоративного слоя комплексного лакокрасочного покрытия, имевшиеся на контролируемом участке стали более четко выражены и приобрели белесоватый оттенок.

На испытуемом участке выявлено матовое пятно овальной формы, обозначенное маркером «Е». В центре данного дефекта маркером «Б» обозначено место локального отслоения верхнего лакового слоя. В центре эллипса под маркером «Е» имеется микро скол «А» и идущее от него растрескивание верхнего лакового слоя заканчивающееся маркером «Г». Само место разрушения лакового верхнего слоя сформировано и частично ограничено пересечением (перекрестием) царапин различной глубины и ширины распространения. На описываемом изображении имеется множество царапин. Особый интерес вызвало четыре ярко выраженных объекта, путь которых пролегает через эллипс «Б». Данные царапины получили обозначения маркерами. 1) – 1-1, 1-2. 2) – 2-1, 2-2. 3) – 3-1, 3-2. 4) – 4-1, 4-2. Помимо эпицентра «Б» в месте разрушения найдено еще по крайней мере три новых очага формирования локального разрушения лакового верхнего слоя комплексного покрытия. На описываемом изображении обозначены маркерами «В», «Ж», «И». Маркер «В» выделяет две параллельные глубокие царапины в лаковом слое вобравшие в себя за время нагружения покрытия агрессивной средой её компоненты, что вызвало локальный очаг разрушения получивший ограничения по длине распространения двумя царапинами «4.1, 4.2» и «5-1, 5-2». Очаги отслоения «Ж» и «И» сформированы по ранее описанному принципу. В процессе исследования так же установлено, что незначительный скол «Д» при попадании в него агрессивной жидкости перешел в стадию набухания краев по причине диффузии агрессивного вещества, что визуально в поле зрения микроскопа выглядит как локальное поднятие пленки (вздутие).

Таким образом, имелась техническая возможность наблюдать ускоренное разрушение лакокрасочного покрытия под воздействием агрессивной жидкости. В реальных же условиях

эксплуатации на автомобиль оказывают влияние среды менее агрессивные, нежели примененные в ходе эксперимента и процессы разрушения имеют замедленный характер, что позволяет разделить их на некоторые этапы.

Предполагаемый механизм разрушения можно описать так: на ровном глянцевом покрытии в процессе эксплуатации появляются поверхностные царапины различной ширины и глубины проникновения в комплексное лакокрасочное покрытие. Сформировавшиеся микроуглубления способны концентрировать в себе различные загрязнения, воспринимаемые из внешней среды. Кроме того царапины и места их пересечения в данной ситуации можно рассматривать как концентраторы напряжений. При диффузии в лакокрасочное покрытие агрессивное вещество локально нарушает межслойную адгезию и происходит отделение лакового слоя от эмали. Возможны и иные варианты развития разрушения например когда адгезия между лаком и эмалью столь высока, что разрушение происходит до грунтового слоя. В качестве агрессивных веществ могут выступать загрязнители биологического происхождения (секреторные выделения насекомых, птичий помет – рис. 4), растворы солей и щелочей (получаются из антиобледенительных составов), битумные составы для обработки дорожного полотна, нефтепродукты (подтеки топлива при заправке автомобиля) и многое другое.

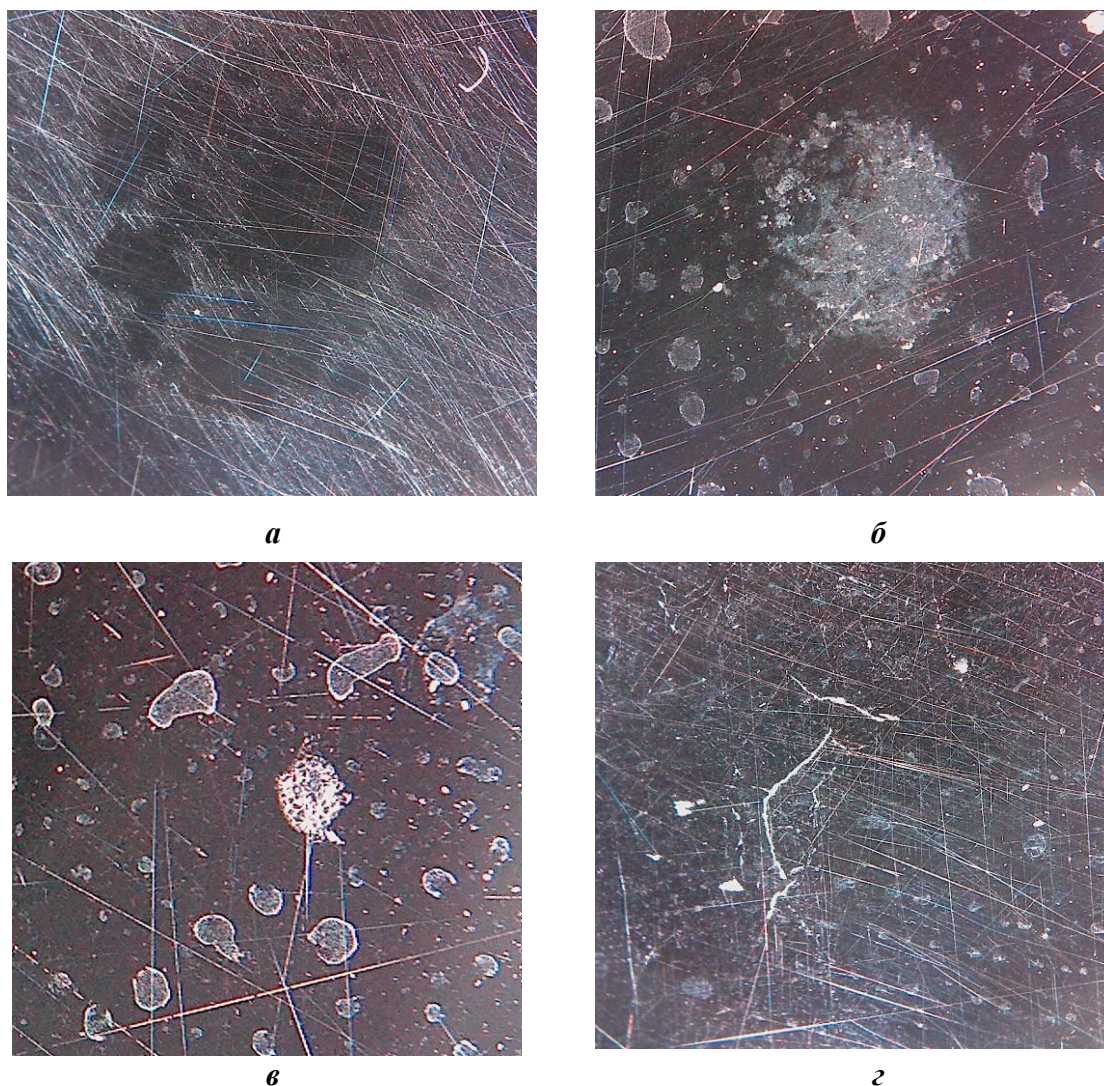
На другом автомобиле черного цвета с покрытием типа «двухслойный акрил» обнаружены многочисленные дефекты в виде вздутий, сморщиваний, растрескиваний и отслоений ЛКП в результате крайне низкой твердости покрытия, вызванной нарушением режима сушки автомобиля и закономерным нарушением структуры лакокрасочного материала, приводящим к снижению защитных свойств покрытия к воздействию агрессивных сред.

Данные дефекты чаще всего имеют округлую форму, несколько дефектов имеют расплывчатые границы с местными разрушениями ЛКП до слоя эмали на границе. На границе подобных дефектов наблюдаются трещины и отслоения, сама граница в результате разъедания имеет сероватый цвет (рис. 6). Следов воздействующего вещества не обнаружено.

Процесс отверждения (сушки) или иначе формирования лакокрасочных покрытий, протекающий при определенных температурно-временных условиях, в значительной степени влияет на защитные, декоративные, физико-механические свойства таких покрытий [8]. Отверждение лакокрасочных покрытий проходит на твердой недеформированной подложке. Покрытия имеют две различные поверхности контакта: с внешней средой (газы, жидкости) и твердым телом – подложкой (металлы, древесина, пластмассы). Строение лакокрасочных покрытий можно представить в виде трех слоев: верхнего, находящегося в контакте с внешней средой; промежуточного и нижнего, контактирующего подложкой. На протекание химических реакций в процессе пленкообразования существенное влияние оказывает внешняя среда – кислород и влага воздуха, которые легко проникают в верхний слой формирующейся пленки; в промежуточный и тем более в нижний слой их проникновение затруднено. Процесс отверждения нижнего слоя обусловлен образованием адгезионных связей, определяющих свойства покрытий.

Сложность отверждения лакокрасочных систем на твердой подложке состоит в том, что заготовки не остаются неизменными вследствие неравномерности протекания физико-химических процессов в объеме пленки; наблюдается значительное различие в структуре слоев. В нижнем слое подвижность структурных элементов заторможена и происходит формирование более мелких и однородных по размеру структурных образований. В верхнем слое подвижность структурных элементов значительно возрастает, что приводит к возникновению вторичных структурных образований, которые состоят из упорядоченных ориентированных элементов, более чем на порядок отличающихся по размеру от исходных заготовок.

Послойное отверждение пленки приводит к структурной неоднородности образующегося лакокрасочного покрытия, что влияет на их эксплуатационные свойства. Независимо от механизма пленкообразования внешним проявлением процесса является постепенное или мгновенное увеличение вязкости лакокрасочного материала и его переход в твердое состояние (получение покрытия).



**Рис. 6. Дефекты, возникшие в результате низкой твердости покрытия**  
*а* – вздутие; *б* – сморщивание; *в* – растрескивание; *г* – отслаивание

Представления о механизме пленкообразования можно сформулировать следующим образом.

1. Пленка образуется за счет физического испарения растворителя. Кинетически этот процесс можно разделить на две стадии: первая стадия – интенсивное испарение растворителя из жидкого слоя лакокрасочного материала, нанесенного на подложку, определяемое поверхностными явлениями; вторая стадия – испарение растворителя из сформировавшейся пленки, определяемое диффузионными процессами в массе полимера. На первой стадии растворитель испаряется со свободной поверхности каждого слоя и в нем возникает градиент концентраций, что приводит к диффузии молекул растворителя из глубинных слоев к наружному. Затем образуется поверхностный слой вязкого геля. После этого молекулы растворителя преодолевают сопротивление образующегося гелеобразного слоя, плотность которого постоянно возрастает во времени. На второй стадии процесса пленкообразования происходит удаление из покрытия так называемого «остаточного» растворителя. Максимальное количество растворителя удаляется на первой стадии; на второй стадии скорость его испарения значительно уменьшается. Поэтому вторая стадия является более продолжительной во времени по сравнению с первой, так как остаточный растворитель в пленке довольно прочно связан с молекулами пленкообразователя. Чем сложнее химическое строение пленкообразователя (степень разветвленности, длина цепи), тем более продолжительна эта стадия пленкообразования и тем больше растворителя остается в слое покрытия.

Пленкообразование лакокрасочных материалов на основе водных дисперсий полимеров связано с дестабилизацией латекса, которая достигается за счет испарения воды. Формирова-



ние пленки протекает в три стадии. Первая стадия – образование промежуточного геля: латексные частицы сближаются, усиливается их взаимодействие; при этом вязкость лакокрасочной системы резко возрастает. Вторая стадия – уплотнение промежуточного геля, при котором происходит дальнейшее удаление воды из пленки. При этом частицы деформируются и из шарообразных превращаются в плотно уложенные многогранники, образуя «псевдопленку». На третьей стадии происходит полное слияние частиц, устранение межфазных границ и образование монолитной пленки. Последняя стадия пленкообразования является наиболее ответственной, так как она связана с перераспределением поверхностно-активных веществ и коалесценцией частиц. Собственно эта стадия пленкообразования и определяет структуру и свойства покрытий.

2. Процесс пленкообразования осуществляется в результате протекания химических реакций в тонком слое лакокрасочного материала на подложке с образованием линейных, разветвленных или пространственно-шитых структур. Большинство отвержденных лакокрасочных покрытий независимо от технологии их получения (из расплавов и порошков) имеют сетчатое строение. Переход пленкообразователя в трехмерное состояние может быть обусловлен не только протеканием реакций поликонденсации или полимеризации, но и ростом полярности при пленкообразовании без увеличения степени полимеризации, т. е. за счет полимераналогичных превращений в цепях пленкообразователя.

3. Пленкообразование определяется не только химическими процессами, обусловленными взаимодействием реакционноспособных функциональных групп компонентов системы, но и физико-химическими процессами, связанными со структурными превращениями.

Резкое изменение физико-механических свойств пленок в процессе отверждения при неизменности химического состава и в отсутствие растворителя дает основание полагать, что эти изменения обусловлены протеканием в пленке только физико-химических процессов, т. е. при формировании лакокрасочных покрытий может происходить перестройка структурных образований без химических превращений полимера.

Макромолекулы полимерного материала лака при сушке покрытия должны достигнуть состояния термодинамического равновесия, образовать особую упорядоченную структуру, обеспечивающую защиту от внешних воздействий (в т.ч. от механических, проникновения ультрафиолета и агрессивных сред внутрь покрытия). В случае если по каким-либо причинам (например, недостаточное отверждение лака, возникшее в результате нарушения процесса сушки покрытия, приводящее к образованию большого количества царапин, легкому проникновению агрессивных сред внутрь покрытия и, следовательно, общему ухудшению защитных функций) лаковое покрытие имеет низкую устойчивость к механическим воздействиям и агрессивным воздействиям жидкостей, разрушения происходят уже в кратчайший промежуток времени.

На крыше автомобиля и на капоте (горизонтальные поверхности кузова автомобиля) имеются разрушения ЛКП в виде «вздутия», «сморщивания» и «растрескивания» верхнего слоя (до эмали и грунта) различной интенсивности, аналогичные разрушения ЛКП имеются на вертикальных кузовных элементах, но выражены менее интенсивно. На ощупь места дефектов липкие, легко удерживают загрязнения.

Предполагаемый механизм образования дефекта можно описать следующим образом: на ровном глянцевом покрытии с низкой твердостью в процессе эксплуатации легко появляются поверхностные царапины различной ширины и глубины проникновения в комплексное лакокрасочное покрытие. Сформировавшиеся микроуглубления способны концентрировать в себе различные загрязнения, воспринимаемые из внешней среды. Кроме того царапины и места их пересечения в данной ситуации можно рассматривать как концентраторы напряжений. При диффузии в лакокрасочное покрытие агрессивное вещество локально нарушает межслойную адгезию и происходит отделение лакового слоя от эмали. Возможны и иные варианты развития разрушения, например, когда адгезия между лаком и эмалью столь высока, что разрушение происходит до грунтового слоя. В качестве агрессивных веществ могут выступать загрязнители биологического происхождения (секреторные выделения насекомых, птичий помет), растворы солей и щелочей (получаются из антиобледенительных составов), би-

тумные составы для обработки дорожного полотна, нефтепродукты (подтеки топлива при заправке автомобиля) и многое другое.

Таким образом, в случае первого автомобиля, разрушение происходит снаружи, проникновение агрессивных веществ осуществляется через царапины в верхнем слое покрытия, для второго автомобиля агрессивные воздействующие вещества в результате нарушения структуры полимерной пленки имеют возможность в короткий промежуток времени проникать вглубь покрытия, вызывая значительные вздутия и разрушая его изнутри. Исходя из приведенных примеров, обоснована целесообразность определения физико-механических параметров при исследовании качества лакокрасочного покрытия для однозначного установления причин и механизмов возникновения дефектов лакокрасочного покрытия. Установлено, что даже при визуальной схожести дефектов и одинаковой природе воздействующих агрессивных веществ, дефекты могут иметь абсолютно разные причины возникновения.

#### Библиографический список

1. Керкхофф, П. Каталог повреждений лакокрасочных покрытий / П. Керкхофф, Г. Хааген. – М.: Издательский дом Третий Рим, 2004. – 272 с.
2. ГОСТ Р 51694-2000. Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия.
3. ISO 2815. Paints and varnishes. Buchholz indentation test.
4. ГОСТ Р 54586-2011 (ИСО 15184:1998). Материалы лакокрасочные. Метод определения твердости покрытия по карандашу.
5. ГОСТ 24621-91 (ISO 868-85). Определение твёрдости при вдавливании с помощью дюрометра (твёрдость по Шору).
6. ISO 6441. Определение твердости по Кнупу по глубине отпечатка (сферического индентора).
7. ГОСТ Р 54563-2011. Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом решетчатого надреза.
8. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
9. Кузьмин, Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление: учеб. пособие / Н. А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 224 с.

Дата поступления  
в редакцию 01.10.2013

М. Е. Fedosova<sup>1</sup>, А. Е. Fedosov<sup>1</sup>, L. A. Berdnikov<sup>2</sup>, D. N. Proshin<sup>3</sup>

#### DETERMINATION OF REASONS AND MECHANISMS OF AUTOMOBILE PAINT COATING DEFECTS

Dzerzhinsk polytechnic institute (branch) Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev<sup>1</sup>,  
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev<sup>2</sup>,  
Private institution of additional education Regional Institute of expertise<sup>3</sup>

**Purpose:** The study established a causal connection between the physical and mechanical characteristics and the occurrence of defects in paint coating of the automobile.

**Design/methodology/approach:** To evaluate the physical and mechanical characteristics of the paint normative document currently in force in the territory of the Russian Federation and foreign countries regulations used.

**Findings:** The study found that even when the visual similarity between the defects and the identical nature of the corrosive substances, defects can have completely different causes.

**Research limitations/implication:** The accumulation of these results will lead to the creation of a database to physical-mechanical characteristics of modern paint coatings, to forecast with a certain degree of probability the life of the paint coating and the most likely to predict the occurrence of defects.

**Originality/value:** The work found that to accurately determine the cause of the defects must be multilateral research paint coating of the automobile, including the determination of the basic physical and mechanical properties of paint coating. Determining the causes and mechanisms of defects paint coating is an important task due to the increased number of complaints of consumers.

*Key words:* automobile paint coating, defect, the cause, the hardness of the coating, the coating thickness, adhesion, curing, scratches.