

## ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

**В работе представлены результаты исследования изменения параметров технического состояния кузовов легковых автомобилей в эксплуатации на основе адаптации тепловизионного метода неразрушающего контроля применительно к кузовам легковых автомобилей при их диагностировании.**

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, диагностирование, техническое состояние, кузов автомобиля, скрытые дефекты, тепловизионное исследование.

В условиях постоянного совершенствования технологий и новейших разработок в сфере автомобилестроения, а также ужесточении норм активной и пассивной безопасности автомобилей, экологичности, ресурсосбережения, вопрос, связанный с контролем технического состояния кузовов автомобилей, является актуальным. Кузов современного легкового автомобиля, являясь в основном оболочковой конструкцией, а не рамной, наиболее подвержен эксплуатационным нагрузкам. Современный рынок диктует конкурентные цены, а производители вносят свои конструктивные изменения, пытаясь уменьшить себестоимость конечного продукта. В рамках этого проектируются новые пространственные несущие конструкции кузовов с применением современных высокотехнологичных материалов. Данные изменения конструктивного плана в кузовостроении диктуют необходимость совершенствования существующих методов контроля технического состояния кузовов, а также диагностирования скрытых дефектов, восстановленных и наиболее нагруженных его элементов.

На сегодняшний день исследование технического состояния кузова наиболее актуально для трех субъектов: автовладельцев, станций технического обслуживания, страховых компаний.

Владельцу легкового автомобиля, беспокоящегося о своей безопасности, немаловажно быть уверенным в исправном техническом состоянии транспортного средства. В настоящее время даже в автосалоне можно выбрать новый автомобиль, прошедший через кузовной ремонт, не говоря уже о скрытых дефектах.

Станциям технического обслуживания, а именно малярно-кузовным цехам при приемке автомобиля в ремонт, немаловажно знать состояние кузова и его наиболее нагруженных

элементов. Например, для оценки стоимости кузовных работ необходимо произвести полный перечень работ по дефектации узлов и агрегатов, и только после этого определять стоимость ремонтных работ. В большинстве случаев при обращении в страховые компании за возмещением ущерба некоторые узлы и детали кузова подвергаются ремонту, хотя для обеспечения необходимой надежности элемента следовало бы производить замену. Сервисный центр, имея ряд методик, утвержденных на государственном уровне, мог бы давать наиболее правильные решения в области восстановления первоначального состояния элементов автомобиля и по возможности разбивать их на группы: например, доаварийные и послеаварийные транспортные средства.

Страховые компании, являясь коммерческими организациями, в большинстве случаев для автомобилей, срок эксплуатации которых свыше 5 лет, не производят заключение договоров на страхование транспортных средств по системе «КАСКО». Определить фактическое состояние автомобиля задача непростая, а для страховой компании любая ошибка стоит финансовых потерь. Чем современнее будет выстроена методика и способы наиболее эффективной диагностики комплексного состояния автомобиля, закреплённых на государственном уровне, тем шире добровольный круг страхователей.

Важными критериями качества деталей являются их физические и функциональные показатели, а также соответствие эксплуатационных и технологических признаков (отсутствие дефектов типа нарушения сплошности материала, соответствие физико-механических свойств и структуры основного мате-

риала и покрытия, геометрических размеров и др.) требованиям нормативно-технической документации.

В последнее время широкое применение получил неразрушающий контроль (НК) объектов исследования, позволяющий проверить качество конструкций, агрегатов и деталей без нарушения их пригодности к использованию по назначению. В частности, метод НК применяют при периодических и оперативных видах технического обслуживания (ТО), выполнении разовых проверок приписного парка по директивным указаниям на авиационном транспорте. Суммарный объем работ по НК в авиатехнике вырос за последние годы до 12–15% общего объема работ по ТО и ремонту.

Существующие средства НК согласно действующим государственным стандартам предназначены для выявления дефектов типа нарушения сплошности материала изделий, оценки состояния структуры материала, контроля геометрических размеров изделий, оценки физико-химических свойств материала изделий.

В большинстве случаев НК осуществляют с помощью специализированного оборудования. Контроль с применением дефектоскопов основан на получении информации в виде световых, звуковых и других сигналов о качестве проверяемых изделий при взаимодействии их с физическими полями (электрическим, магнитным, акустическим и др.) и (или) веществами.

Дефектоскопия представляет собой ограниченное число методов НК (таблица 1), которые с учетом характера взаимодействия физических полей с контролируемым объектом имеют следующие названия: магнитопо-

рошковый, вихретоковый, акустические (ультразвуковой, импедансный), оптико-визуальный, капиллярные (цветной, люминесцентный), а также рентгено- и гамма-методы [1].

Задачи, решаемые перечисленными методами НК в условиях эксплуатации транспорта, сводятся к определению трещин, неочевидных фактов разрушения их элементов с возможным выявлением причин, степени поражения коррозией, а также геометрических размеров конструкций.

Отличительными особенностями применения методов НК в эксплуатационных условиях являются: наличие различного рода защитных покрытий на поверхностях конструкций (от полимерных до лакокрасочных), большая номенклатура деталей разнообразных форм и размеров, различные климатические условия контроля.

Следует также отметить возможность использования дефектоскопа непосредственно без проведения разборочных работ элементов контролируемого объекта.

Одним из перспективных современных высокотехнологичных методов НК является тепловой (теповизионный). Тепловой контроль основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов. Основным условием применения теплового контроля является наличие в контролируемом объекте тепловых потоков. Процесс передачи тепловой энергии, выделение или поглощение тепла в объекте приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Распределение температуры по поверхности объекта является основным параметром в тепловом методе, так как несет информацию об особенностях процесса теплопередачи, режи-

Таблица 1. Краткая характеристика используемых методов НК

Методы НК	Чувствительность, мм		
	ширина	глубина	протяженность
Акустический ультразвуковой	0,001 – 0,3	0,1 – 0,3	–
Акустический импедансный	50 – 100	0,1 – 1,4	5,0
Капиллярный люминесцентный	0,001 – 0,002	0,01 – 0,02	0,1 – 0,5
Капиллярный цветной	0,0005 – 0,001	0,15 – 0,2	1,0 – 3,0
Магнитный порошковый	0,001	0,01 – 0,5	0,3
Оптико-визуальный	0,005 – 0,01	–	0,1
Рентгенографический	0,1	1,5 – 7,0 % толщины объекта	–

ме работы объекта, его внутренней структуре и наличии скрытых внутренних дефектов. Тепловые потоки в контролируемом объекте могут возникать по различным причинам.

Активный метод теплового контроля используется, если в процессе эксплуатации контролируемый объект не подвергается достаточному тепловому воздействию (например, детали из композиционных материалов), либо измерение температуры объекта в процессе эксплуатации технически невозможно (вращающиеся элементы). Активный метод теплового контроля предполагает нагрев объекта специальными внешними источниками энергии для создания тепловых потоков во время контроля. Активный метод применяется преимущественно для НК материалов и изделий.

Пассивный метод теплового контроля не нуждается во внешнем источнике теплового воздействия, тепловое поле в объекте контроля возникает при его эксплуатации или изготовлении. При пассивном контроле может использоваться, как постоянно действующее естественное тепловое нагружение объекта, так и переходные тепловые процессы.

Тепловизионная техническая диагностика с использованием пассивного метода получила широкое распространение в энергетике, строительстве и промышленности. Основное преимущество метода – контроль объектов без вывода из эксплуатации и без какого-либо воздействия на них. Очевидно, что успешному внедрению теплового метода контроля способствует развитие средств измерений, в основном тепловизионной техники. Доля задач теплового контроля, решаемая с помощью тепловизоров настолько велика, что часто употребляется термин тепловизионный контроль.

Применение тепловизоров не ограничивается задачами неразрушающего контроля. Это перспективное устройство для визуализации тепловых полей и дистанционного измерения температуры нашло применение в военной технике, навигации, медицине, системах безопасности и охраны, противопожарном деле, экологии и т. д.

Тепловизионная камера представляет собой прибор, регистрирующий инфракрасный поток излучаемый предметами. Он позволяет измерять и анализировать температуру в одной точке. Можно контролировать точки с мак-

симальной температурой в заданной области и выделять обследуемые участки при помощи цветовой маркировки. Тепловизионная камера Therma CAM E300, используемая в наших исследованиях, имеет средства анализа для быстрого принятия решений и предоставляет полный набор средств определения температуры как для изображений, получаемых в реальном масштабе времени, так и для сохранённых изображений высокого разрешения (320×240 пикселей). В комплект тепловизионной камеры входит программное обеспечение Therma CAM Quick View TM, которое позволяет выполнять анализ полученных инфракрасных изображений и составлять простые отчеты в PDF формате.

Температуры неокрашенных и неокисленных металлов трудно определить на тепловом изображении, поскольку они слабо испускают и сильно отражают излучение. Независимо от того, просматривается ли тепловое изображение, или же производится радиометрическое измерение температуры, необходимо принимать во внимание различные внешние факторы. С целью настройки тепловизора для определения коэффициента излучения или температуры фона для различных материалов существуют корректирующие табличные значений (таблица 2).

Для получения достоверных данных на тепловизионном оборудовании необходимо знать материал изготовления исследуемого объекта, места примыкания различных и однородных материалов, температурные характеристики исследуемых материалов, усиленные участки кузова. Немаловажным фактором является и покрытие исследуемых материалов кузова.

Современный тепловизор представляет собой прибор позволяющий хранить, передавать и анализировать входящую информацию, задавать параметры, такие как расстояние до объекта, критические зоны (по заранее заданным параметрам), коэффициент излучения материала исследуемого объекта и т. д. Все эти функции позволяют сфокусировать испытание на каждом конкретном объекте в случае необходимости получения максимальной точности.

В соответствии с техническими особенностями объекта измерения выбирается способ активного или пассивного метода теплового контроля, производится настройка коэффициента

излучения для исследуемого материала, фокусировки и градиента температур в соответствии с таблицами поправочных коэффициентов для каждого прибора.

Хотя табличные значения коэффициентов излучения могут быть полезными для того, чтобы понять, как будет анализироваться материал, в действительности при попытке учесть данный коэффициент на большинстве поверхностей при их низком числовом значении, ошибки могут быть недопустимо большими. Поверхности с низким коэффициентом излучения необходимо подвергнуть преобразованию, например, с помощью изолирующего или лакокрасочного материала, с целью повышения их коэффициента излучения.

Методика исследований состояла из следующих основных этапов. Автомобиль выдерживается в окрасочно-сушильной камере при температуре 50 °С в течение 15 минут. Затем устанавливается на пост кузовного ремонта для дальнейшего процесса диагностирования. Учитывая интенсивную передачу тепла металла в окружающую среду, замер показателей производится в течение 10 минут.

На основании имеющихся данных о металле, расстоянии до объекта и температуры в исследуемом помещении, производится корректировка термограммы для фокусировки и уточнения изотермических данных устройства. В наших исследованиях расстояние до объекта 1 м, температура в помещении 20 °С и коэффициент 0,79 для листовой стали.

В качестве объекта исследования активным методом тепловизионного контроля (рисунок 1) выбран автомобиль VW Polo, восстановленный после дорожно-транспортного происшествия. Исследуемый кузов легкового автомобиля в ре-

зультате удара в заднюю часть получил перекося малой сложности [3].

В связи с разной теплопроводностью металла: окрашенного, защищенного (шпатлёвочная масса) или термического обработанного (сварочные процессы) в момент передачи тепла наблюдаем различную тепловизионную картину (рисунки 2, 3).

Наиболее подверженные термическому воздействию участки кузовного ремонта интенсивно излучают теплоту, поэтому на термограмме (рисунок 2) они более яркого цвета. Это объясняется тем, что данные зоны подвергались механической обработке или сварке. Если учесть их месторасположение по местам стыковки задней панели с силовыми элементами кузова, то очевидна замена задней панели.

На рисунке 3 представлена термограмма левого заднего крыла. Учитывая характер зарегистрированного излучения, можно судить о механических работах, производимых споттером. Зона приварки электрода споттера к кузовному элементу шлифовалась с целью зачистки сварных точек, поэтому под слоем однород-



Рисунок 1. Левая задняя исследуемая часть кузова легкового автомобиля

Таблица 2. Коэффициент излучения материалов

Материал	Температура, °С	$\epsilon_r$
1) Алюминий полированный	50...500	0,04...0,06
—«—»— с шероховатой поверхностью	20...50	0,06...0,07
—«—»— сильно окисленный	150...500	0,2...0,25
2) Сталь блестящая листовая	25	0,82
—«—»— с шероховатой плоской поверхностью	50	0,95...0,98
—«—»— ржавая, красная	20	0,69
—«—»— оцинкованная	20	0,28
—«—»— окисленная шероховатая	40...370	0,94...0,97
3) Краски масляные разных цветов	100	0,92...0,96
4) Лак черный, блестящий, распыленный на железо	25	0,88
—«—»— алюминиевый, на шероховатой поверхности	20	0,39





Рисунок 2. Термограмма исследования задней левой части кузова

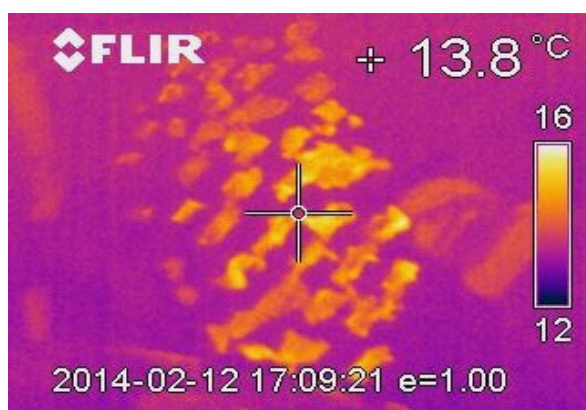


Рисунок 3. Термограмма левого заднего крыла

ного лакокрасочного материала эти места проявились на термограмме.

Из проведенной серии опытов можно сделать вывод, что ранее фактически неприменяемый при диагностировании кузовов автомобилей способ тепловизионного НК при активном методе исследования является эффективным и перспективным методом определения технического состояния кузовов легковых автомобилей. К примеру, рассмотреть под слоем лакокрасочного покрытия скрытые дефекты может не каждый прибор, как например, толщиномер, при условии, что толщина лакокрасочного покрытия нанесена в поле допуска завода-изготовителя. Идентифика-

ция формата деформации правленной и окрашенной детали за короткий промежуток времени – очень сложная задача, ведь восстановленные элементы кузова окрашиваются высокотехнологичными материалами с применением антигравийных составов, которые в свою очередь скрывают многие дефекты.

На основании проведенных исследований нами выработана программа дальнейших научных изысканий в области контроля технического состояния систем, узлов и агрегатов транспортных средств, а именно:

- 1) адаптация методов НК применительно для диагностирования кузовов автомобилей, а также других агрегатов, узлов и систем транспортных средств;
- 2) разработка математической модели старения лакокрасочного покрытия кузовов;
- 3) разработка методики прогнозирования технического состояния лакокрасочного покрытия кузовов;
- 4) разработка методик идентификации кузовов автомобилей на предмет их причастности к дорожно-транспортным происшествиям, а также определения степени повреждения кузовов и их элементов.

Результаты данного и проведенных ранее исследований [2], [4], [5] в дальнейшем позволят повысить эффективность эксплуатации легковых автомобилей за счет контроля технического состояния кузовов и других систем, узлов и агрегатов. Контроль дает возможность обнаружить скрытые, ранее проводимые кузовные ремонтные работы, выявить наиболее нагруженные участки кузова и получить полноценную информацию о состоянии кузова («историю кузова»). Это будет способствовать своевременному выявлению и устранению дефектов, влияющих на безопасность транспортных средств, а также улучшению качества предоставляемых услуг по оценке, независимой экспертизе и страхованию, техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств на сервисных и других предприятиях.

22.08.2014

#### Список литературы:

1. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов. – М.: Академия, 2008. – 432 с.
2. Бондаренко, Е.В. Неразрушающий контроль толщины лакокрасочного покрытия кузова автомобиля / Е.В. Бондаренко, Ю.В. Голованов, И.Х. Хасанов // Актуальные вопросы инновационного развития транспортного комплекса: материалы 4-ой международ. науч.-практ. интернет-конф. – Орел: Госуниверситет-УНПК, 2014. – С. 24–28.

3. Синельников, А.Ф. Кузова легковых автомобилей: техническое обслуживание и ремонт / А. Ф. Синельников [и др.]. – М.: Академкнига, 2004. – 495 с.
4. Хасанов, И.Х. Методика контроля технического состояния кузова легкового автомобиля на основе измерения углов установки управляемых колес / И.Х. Хасанов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №10. – С. 139–145.
5. Хасанов, И.Х. Неразрушающий контроль технического состояния кузова легкового автомобиля с использованием вихретокового метода / И.Х. Хасанов, Ю.В. Голованов // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы международ. науч.-техн. конф. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – С. 259–263.

Сведения об авторах:

**Голованов Юрий Викторович**, магистр 2-го курса очной формы обучения по направлению подготовки 190600.68 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, e-mail: yatamat@mail.ru

**Хасанов Ильгиз Халилович**, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 149, ауд. 10302, тел. (3532) 757771, e-mail: hasanovilgiz1@rambler.ru