

УДК 261.8:629-01

Тимофеева Галина Юрьевна, канд. физ.-мат. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, galina.omega@gmail.com

Шишин Никита Андреевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, phizika@madi.ru

Чикурин Артем Андреевич, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, phizika@madi.ru

Рязанов Георгий Константинович, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, phizika@madi.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В процессе эксплуатации на поверхности дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин за счет проникновения влаги и вредных примесей из воздуха возникают условия для развития электрохимической коррозии. В статье рассматриваются экспериментальные результаты, полученные студентами при исследовании поверхности автомобиля на предмет наличия на ней коррозионных повреждений. Методы неразрушающего контроля коррозионного состояния поверхности хорошо известны: ультразвуковая дефектоскопия, акустическая эмиссия, радиография, термография, метод электрического сопротивления и др.

Метод позволяет дать количественную оценку площади поверхности металлического образца, подверженного коррозии, с помощью тепловизора.

В статье приведены также расчеты части пружинной подвески автомобиля, основанные на знании законов физики, а, именно, закона Гука.

Ключевые слова: коррозионные повреждения; подпленочная коррозия; инфракрасное излучение; тепловизор; подвеска автомобиля; пружины; амортизаторы.

Timofeeva Galina Yu., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, galina.omega@gmail.com

Shishin Nikita A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, phizika@madi.ru

Chicurin Artem A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, phizika@madi.ru

Ryazanov Georgy K., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, phizika@madi.ru

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE VEHICLE

Abstract. Due to the penetration of moisture and harmful impurities from the air the conditions for the development of electrochemical corrosion appear on the surface of the cars.

The article discusses the experimental results obtained by students in the study of the surface of the car for the presence of corrosion damage. Methods of non-destructive testing of corrosion state of the surface are well known: ultrasonic flaw detection, acoustic emission, radiography, thermography, electrical resistance method, etc.

Students got acquainted with the method of recognition of sub-film corrosion on the surface of the car with the help of a thermal imager, whose work is based on obtaining a thermal image in the infrared region of the spectrum without direct contact with the metal sample under study. The method allows to quantify the surface area of the metal sample exposed to corrosion.

The article also presents the calculations of the spring suspension of the car, based on knowledge of the laws of physics, namely, Hooke's law.

Key words: corrosion damage; sub-film corrosion; infrared radiation; thermal imager; car suspension; springs; shock absorbers.

Введение

Автомобиль, его конструкция, работа отдельных частей автомобиля, процесс снижения работоспособности автомобиля во времени из-за коррозионных процессов – все эти вопросы вызывают несомненный интерес у студентов. Под руководством преподавателей были проведены исследования, результаты которых были доложены в декабре 2018 г. на научно-практической конференции на кафедре физики.

Метод количественной оценки подпленочной коррозии на поверхности автомобиля

Автомобиль эксплуатируется, в основном, в окружающей агрессивной среде. Из атмосферы на поверхности металла автомобиля адсорбируются молекулы кислорода, оксидов углерода и серы, хлора. Пыль проникает в закрытые сечения кузова, щели и зазоры и накапливается там, при последующем увлажнении она образует коррозионно-активную среду.

Исследования доказали, что в атмосферных условиях на поверхности любого металла всегда присутствует пленка влаги. Толщина ее зависит от температуры, влажности воздуха и других показателей. Наличие на поверхности металла электролита ведет к возникновению электрохимической коррозии.

Коррозионному воздействию подвергаются почти все составные части автомобиля. Если кузов изготавливается из очень тонкого стального

листа, то первые коррозионные повреждения (особенно сквозные) появляются уже через 1,5–2 года эксплуатации. Кузов является самой дорогостоящей частью автомобиля, так как на нем установлены все основные узлы и детали автомобиля. В то же время кузов более уязвим в коррозионном отношении, чем механические детали и узлы автомобиля, так как имеет пространственно развитую структуру с большой поверхностью [1].

Подпленочная коррозия на поверхности автомобиля проявляется в виде небольших вздутий лакокрасочного покрытия или в виде паутинообразной сети нитей, имеющих радиальное направление, причем в центре очага коррозии разрушение металла происходит вглубь, что ведет к сквозному поражению металла.

Подпленочная коррозия развивается также в местах механических повреждений лакокрасочных покрытий. Через сколы, царапины, микро- и макротрещины в покрытии влага и атмосферные загрязнения получают доступ к поверхности металла. Для диагностики коррозионных процессов на поверхности автомобиля применяются различные методы [2, 3].

Опишем один из них.

На кафедре ПРАДМ использовали метод инфракрасной термографии для определения очагов коррозии на стали Ст3пс с помощью тепловизора. Тепловизор – это устройство, которое получает тепловое изображение в инфракрасной области спектра без прямого контакта с металлом. Если навести тепловизор на поверхность металла, то на изображении он покажет результат, состоящий из суммы испущенного и отраженного и инфракрасного излучения. Эта технология не нова. Развитие тепловизионной технологии в 1940–1950-х гг. было связано с достижениями в области военных применений, затем в 1970х гг. появились первые переносные системы, которые использовали для диагностики зданий и неразрушающего контроля, и уже с 1980-х гг. тепловидение широко применялось в медицине.

В настоящее время эта технология была применена для регистрации коррозионных поражений на лакокрасочной поверхности автомобилей. На кафедре ПРАДМ использовали тепловизор Testo-875-1i, с помощью которого происходила регистрация отражения инфракрасного излучения от поверхности металла [4, 5]. Источник ИК излучения (лампа накаливания с вольфрамовой нитью мощностью 75 Вт), располагался на расстоянии 100 мм от поверхности металлического образца с лакокрасочным покрытием.

Наблюдения проводились через $\tau = 0,5$ и $1,0$ мин после введения образца в область инфракрасного излучения от оптического нагревателя.

Площадь коррозионного поражения определялась с помощью программы тепловизора. Обнаружено, что площадь коррозионного повреждения составляет 52,9% при толщине лакокрасочного покрытия (эмаль акриловая синтетическая) равной 9–10 мкм.

По изменению температуры с помощью графика распределения отраженного теплового потока (отраженной температуры) от поверхности образца вдоль выбранного направления установлено, что наличие дефекта характеризуется резким скачкообразным изменением температуры $t = 27,4^{\circ}\text{C}$, при средней температуре бездефектной области $t = 29^{\circ}\text{C}$, а размеры коррозионного дефекта составляют примерно 2 мм [6, 7].

Расчет части пружинной подвески автомобиля

Другой доклад посвящен расчету части пружинной подвески автомобиля. Элементами подвески автомобиля являются пружины и амортизаторы. Пружины служат для гашения колебаний кузова, возникающих при движении по дороге. Амортизатор – это устройство, которое ограничивает перемещение пружины во всех направлениях, кроме вертикального [8, 9].

Подвеска выполняет следующие функции:

- физически соединяет колёса и кузов;
- поглощает удары и толчки со стороны дороги для снижения нагрузок на кузов и повышения комфорта движения;
- стабилизирует автомобиль во время движения за счет обеспечения постоянного контакта колеса с дорогой.

Работа подвески основана на законе Гука, а именно при наезде автомобиля на возвышенность пружины сжимаются, а при попадании в углубление пружины растягиваются. Это позволяет уменьшить воздействие неровностей покрытия на кузов автомобиля, а значит, повышает комфорт передвижения.

Для автомобиля Chevrolet Niva, масса которого (пустого) автомобиля 1300 кг, а масса нагруженного автомобиля 1800 кг, соотношение нагрузки на переднюю и заднюю ось с нагрузкой составляет в процентах 60/40.

Был произведен расчет коэффициентов жесткости пружин по формуле:

$$k = \frac{Gd^4}{8nD^3}.$$

С помощью закона Гука была рассчитана деформация пружин:

$$F = kx.$$

В таблице приведены некоторые характеристики передних и задних пружин.

Таблица

Характеристики пружин автомобиля

Характеристики		Передние пружины	Задние пружины
1	начальная длина пружины L (см)	31,6	36,4
2	количество витков n	7,3	9,3
3	диаметр пружины D (мм)	120,4	128
4	диаметр прутка d (мм)	15,2	12,7
5	модуль сдвига G (МПа)	78500	78500
6	длина сжатой пружины (см)	18,5	12,1
7	нагрузка (кг)	1080	720
8	деформация пружины x (см)	13,1	27,4
9	коэффициент упругости k (Н/мм)	41,2	13,15

Из всей проделанной работы, можно сделать вывод, что жесткость передних пружин должна быть больше на 25–40%, чем жесткость задних пружин, чтобы скомпенсировать разность нагрузки на переднюю и заднюю ось.

Заключение

Научно-исследовательские работы студентов первого курса факультета ДМ МАДИ, посвященные экспериментальному определению некоторых физико-механических параметров автомобиля, тесно связаны с их будущей профессиональной деятельностью и способствует целенаправленному приобретению навыков решения инженерных задач.

Список литературы

1. Пахомов, В.С. Коррозия металлов и сплавов: справочник. В 2 кн. Кн. 1 / В.С. Пахомов. – М.: Наука и технологии, 2013. – 448 с.
2. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов: учебное пособие / Л.Г. Петрова, Г.Ю. Тимофеева, П.Е. Демин, А.В. Косачев; под общ. ред. Г.Ю. Тимофеевой. – М.: МАДИ, 2016. – 167 с.
3. Петрова, Л.Г. Исследовательский комплекс для мониторинга структурного состояния конструкционных материалов и его применение при анализе разрушений стальных деталей автомобилей / Л.Г. Петрова, Т.Е. Лихачева, А.Ю. Малахов // Вестник МАДИ. – 2013. – № 2 (33). – С. 11–17.
4. Зорин, В.А. Дефектация деталей из дисперсно-наполненных полимерных материалов методом инфракрасной термографии / В.А. Зорин, Н.И. Баурова, Е.А. Косенко // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2017. – № 2. – С. 22–25.
5. Косенко, Е.А. Применение инфракрасной термографии при распознавании подпленочной коррозии // Е.А. Косенко, В.А. Зорин, Н.И. Баурова // Коррозия: материалы, защиты. – 2019. – № 1. – С. 43–47.
6. Zorin, V.A. Features of Research on the Thermophysical Properties of Road-Building Materials / V.A. Zorin, N.I. Baurova, E.A. Kosenko // Polymer Science – Series D. – 2018. – Vol. 11 (1). – P. 72–76.
7. Zorin, V.A. Detection of defects in components made of dispersion-filled polymeric materials by the method of infrared thermography / V.A. Zorin, N.I. Baurova, E.A. Kosenko // Polymer Science – Series D. – 2017. – Vol. 10 (3). – P. 241–243.
8. Автомобили. Конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть / под ред. А.И. Гришкевича. – Минск: Высшая школа, 1987. – 200 с.
9. Вермеюк, В.Н. Проектирование подвески автомобиля: учебное пособие / В.Н. Вермеюк, Л.А. Черепанов. – Куйбышев, 1984. – 60 с.

References

1. Pakhomov V.S. *Korroziya metallov i splavov* (Corrosion of metals and alloys), Book 1, Moscow, Nauka i tekhnologii, 2013, 448 p.
2. Petrova L.G., Timofeev G.Y., Demin E.P., Kosachev A.V. *Osnovy ehlektrohimicheskoy korrozii metallov i splavov* (Fundamentals of electrochemical corrosion of metals and alloys), Moscow, MADI, 2016, 167 p.
3. Petrova L.G., Likhachev T.E., Malakhov A.Yu. *Vestnik MADI*, 2013, no. 2 (33), pp. 11–17.
4. Zorin V.A., Baurova N.I., Kosenko E.A. *Vse materialy. Ehnciklopedicheskij spravochnik*, 2017, no. 2 pp. 22–25.
5. Kosenko E.A., Zorin V.A., Baurova N.I. *Korroziya: materialy, zashchity*, 2019, no. 1, pp. 43–47.
6. Zorin V.A., Baurova N.I., Kosenko E.A. Features of Research on the Thermophysical Properties of Road-Building Materials, *Polymer Science – Series D*, 2018, vol. 11 (1), pp. 72–76.
7. Zorin V.A., Baurova N.I., Kosenko E.A. Detection of defects in components made of dispersion-filled polymeric materials by the method of infrared thermography, *Polymer Science – Series D*, 2017, vol. 10 (3), pp. 241–243.
8. *Avtomobili. Konstruirovanie i raschet. Sistemy upravleniya i hodovaya chast'* (Cars. Design and calculation. Control systems and chassis), Minsk, Vyshejschaya shkola, 1987, 200 p.
9. Vermeul V.N., Cherepanov L.A. *Proektirovanie podveski avtomobilya* (Design of suspension system), Kuibyshev, 1984, 60 p.