

В.В. Сиваков¹, С.С.Грядунов², Р.Ю. Деревягин¹

¹Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

²Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫМ СПОСОБОМ

Объектом исследования является применение тепловизионного способа диагностирования для быстрой диагностики узлов и деталей, нагреваемых при нормальной работе автомобиля. Обоснована целесообразность применения тепловизионного способа диагностирования автомобиля, определен примерный перечень систем и узлов для проведения такой диагностики.

В настоящее время наблюдается устойчивый рост продаж автомобилей с пробегом. Для определения их фактического состояния требуется проведение комплексной проверки, которая обладает большой трудоемкостью. Поэтому поиск новых методов, позволяющих достоверно и быстро провести диагностику основных узлов и агрегатов автомобиля, является актуальным.

Тепловизионный метод контроля состояния объектов нашел применение в строительстве и энергетике. Так как в автомобиле применяются разнообразные двигатели, взаимодействующие детали, электропроводка и электрооборудование, то целесообразно использовать тепловизионный метод диагностирования и для автомобилей.

Тепловизионный метод диагностирования автомобилей можно применять как в условиях автосервисов, так и при мобильном (выездном) сервисе, а также самостоятельно владельцем автомобиля. Основные характеристики применяемого тепловизора – это разрешение матрицы и чувствительность.

Тепловизором можно контролировать состояние кузова, тормозных механизмов, состояние подшипников, двигателя, коробки передач, системы выпуска отработанных газов, состояние электропроводки, ее соединений, нитей обогрева. Установлена возможность применения тепловизора для выявления проблем в одном из механизмов как на основе их сравнения (тормозные механизмы, ступичные подшипники), так и для определения фактических температур диагностируемого объекта и сравнения их с нормальными (ориентировочными) значениями, которые определяются заранее на основе предварительно выполненных измерений.

Таким образом, применение тепловизионного способа диагностирования автомобиля позволит быстрее и точнее выполнить оценку фактического состояния узлов и агрегатов автомобиля, повысит ее эффективность. Целесообразно продолжить исследования тепловизионного метода диагностирования автомобилей.

Ключевые слова: автомобиль, диагностирование, методы диагностирования, тепловизор, тепловизионный метод диагностирования.

V.V. Sivakov¹, S.S. Gryadunov², R.Yu. Derevyagin¹

¹Bryansk State Engineering Technological University, Bryansk, Russian Federation

²Bryansk State Technical University, Bryansk, Russian Federation

IMPROVEMENT OF CAR DIAGNOSTICS BY THERMAL IMAGING METHOD

The object of the study is the application of thermal imaging diagnostics for rapid diagnosis of assemblies and parts heated during normal car operation. The purpose of the study is to substantiate the feasibility of using thermal imaging for car diagnostics and to determine an approximate list of systems and assemblies for carrying out such diagnostics.

Currently, there has been a steady increase in the sales of used cars, and determining their actual condition requires complex and time-consuming inspection. Therefore, the search for new diagnostic methods that allow reliable and quick diagnostics of the main components and assemblies of a car is relevant.

The thermal imaging method for monitoring the state of objects has found its application in the construction and power engineering. Since there are a variety of engines, interacting parts, wiring and electrical equipment used in a car, it makes sense to use thermal imaging diagnostics for cars as well.

The thermal imaging method of diagnosing cars can be used both in the conditions of car services and in a mobile (field) service, as well as independently by the car owner. The main characteristics of the thermal imager used are matrix resolution and sensitivity.

A thermal imager can monitor the condition of the body, brakes, bearings, engine, gearbox, exhaust system, electrical wiring, connections and heating strands.

The possibility of using a thermal imager to identify problems in one of the mechanisms has been established both on the basis of their comparison (brakes, wheel bearings) and for determining the actual temperatures of the diagnosed object and comparing them with normal (approximate) values, which are determined in advance on the basis of preliminary measurements.

Thus, the use of thermal imaging method for car diagnostics will enable faster and more accurate assessment of the actual state of assemblies and aggregates of a car, and will increase its efficiency. It is advisable to continue researching the thermal imaging method for diagnosing vehicles.

Keywords: car, diagnostics, diagnostic methods, thermal imager, thermal imaging diagnostic method.

В условиях непрерывного совершенствования новых технологий в сфере автомобилестроения при постоянном ужесточении норм экологичности, активной и пассивной безопасности автомобилей, ресурсосбережения все актуальнее становится задача контроля технического состояния автомобилей.

Методы диагностирования автомобилей характеризуются диагностическими параметрами, которые выделяют в две группы:

1) непосредственные измерения параметров эксплуатационных свойств автомобиля (мощность, топливная экономичность, влияние на окружающую среду);

2) измерение параметров процессов, сопровождающих функционирование автомобиля и его агрегатов (вибрация, нагрев, шумы, люфты, зазоры и др.) [1, 2].

Учитывая, что количество продаваемых автомобилей с пробегом в 2–3 раза превышает количество новых автомобилей, проблема определения их реального технического состояния становится актуальной, так как от этого зависит стоимость автомобиля, а также безопасность его эксплуатации. Анализ технического состояния автомобиля с пробегом требует проведения комплексной диагностики, включающей в себя четыре основных этапа (рис. 1).

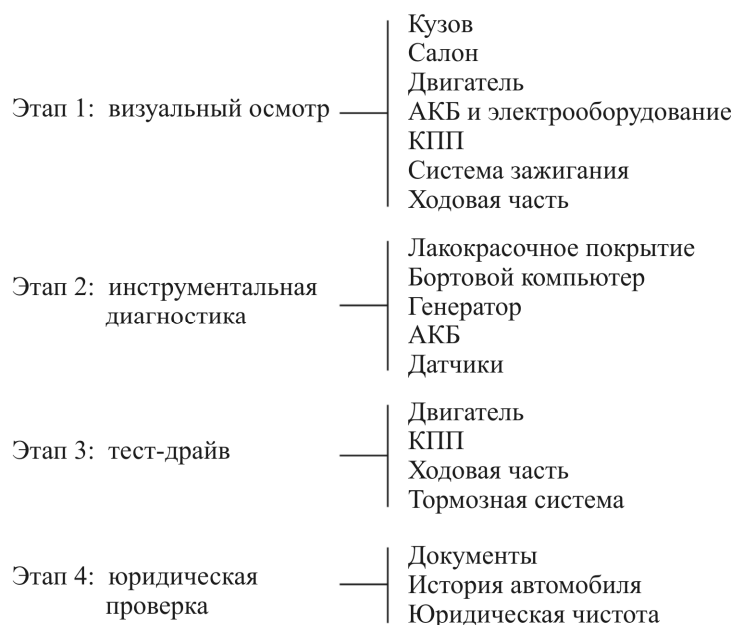


Рис. 1. Процедура комплексной проверки автомобиля с пробегом

Проведение комплексной диагностики требует значительных затрат времени, соответствующего оборудования, поэтому проблема повышения качества диагностирования автомобиля при одновременном снижении затрат времени требует поиска новых методов проведения диагностирования, в том числе и удаленного [3, 4].

Известно, что диагностирование можно проводить разными методами, например вибрационным, виброакустическим, компьютерным и другими [5–9], обладающими определенным набором достоинств и недостатков. Общий их недостаток – высокая трудоемкость проведения, что определяет высокую стоимость услуги для владельцев автомобилей.

Одним из перспективных методов быстрого диагностирования автомобилей, зарекомендовавшим себя, например, для диагностики электросетевого оборудования, промышленных зданий и прочее, является тепловизионный неразрушающий контроль, основанный на регистрации температурного поля на поверхности обследуемого объекта [10–14], причем результаты измерений сразу видны на экране тепловизора, что позволяет выполнить предварительную оценку объекта измерений в режиме реального времени, а также есть возможность создания базы данных фотографий контролируемых узлов для последующего анализа.

Применительно к легковым автомобилям тепловизионный метод контроля может применяться:

- для контроля состояния кузова – дает возможность обнаружить скрытые ранее проводимые кузовные ремонтные работы, выявить наиболее нагруженные участки кузова [15];
- системы выпуска отработавших газов – позволяет без разборочно-сборочных работ выявить элементы с наиболее выраженными диагностическими параметрами теплового контроля [16];
- другие системы, нагреваемые при работе (нагревательные элементы, узлы и агрегаты автомобиля [17–23]).

Получить данные о температуре узлов можно, используя встроенную систему диагностики автомобиля (ограничено конструкцией) или же применяя инфракрасный пирометр или тепловизор, при этом тепловизор дает возможность получения температуры сразу всего объекта.

Однако главная проблема, стоящая перед специалистом при проведении диагностики автомобиля с помощью тепловизора, – это создание базы со справочными данными о рабочих температурах исследуемых узлов и агрегатов, на которые он может ориентироваться при постановке диагноза.

Диагностирование автомобиля с использованием тепловизора может быть организовано разными способами – при обращении владельца на стационарный автосервис, вызове выездного мобильного сервиса или же самостоятельно владельцем при условии наличия у него тепловизионного оборудования (рис. 2). Для стационарного автосервиса целесообразно применение тепловизоров с более высокими характеристиками по разрешению и чувствительности (но и более дорогими), для выездного сервиса целесообразно применение насадок, совместимых со смартфонами и планшетами [24], так как их стоимость значительно ниже профессиональных, а качество является достаточно высоким.



Рис. 2. Варианты применения тепловизионного контроля систем автомобиля

Наиболее просто определить места обрыва нитей для подогрева сидений или обогрева заднего стекла (рис. 3).

Проблемы с функционированием ступичных подшипников, тормозной системы можно легко обнаружить, сравнивая температуры нагрева – если имеются проблемы, то будет заметен перегрев одного из механизмов: например, максимальная температура одного из тормозных дисков (рис. 4, *а*) составляет 72°, остальных – не превышает 60° (рис. 4, *б*, *в*). Причина – подклинивание тормозного суппорта.

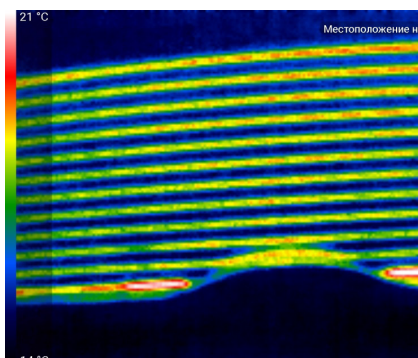


Рис. 3. Обогрев заднего стекла автомобиля

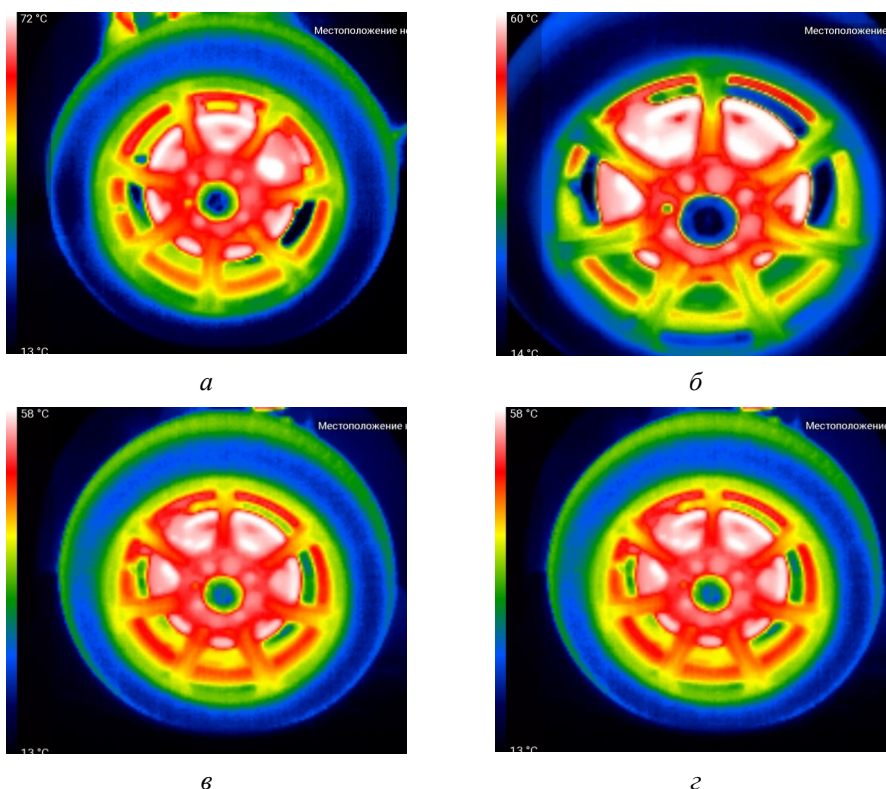


Рис. 4. Фотографии тормозных дисков колес автомобиля

Наличие anomalно холодных мест на радиаторе позволит судить о закупоривании сот и необходимости его промывки (рис. 5), нагрев проводов может свидетельствовать о повышении их сопротивления вследствие окисления, а нагрев соединений проводов свидетельствует об ослаблении контактов (рис. 6).

Полученные в результате проведенных исследований данные по температурам отдельных узлов представлены в таблице.

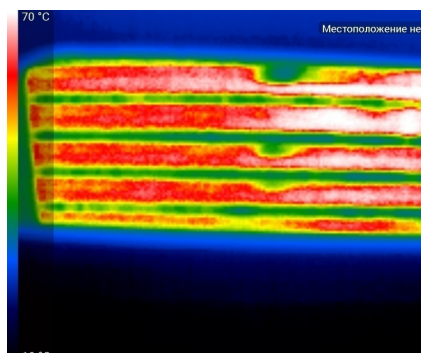


Рис. 5. Нагрев радиатора системы охлаждения двигателя

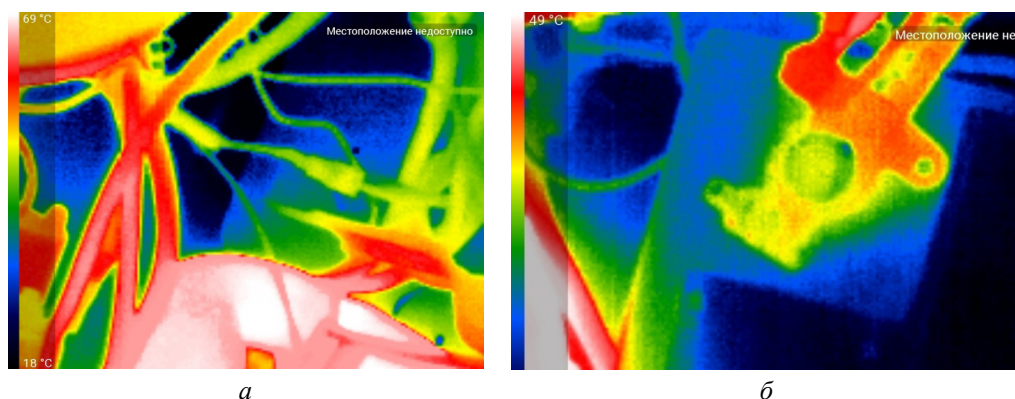


Рис. 6. Нагрев: *а* – проводов в моторном отсеке; *б* – силового кабеля и клеммы аккумуляторной батареи

Рабочие температуры узлов автомобиля

Название узла	Нормальная температура, °C	Причина повышения температуры	Условия теста
Ступица	80	Ступичный подшипник	В любых условиях
Тормозной суппорт	70	Подклинивание скользящей части суппорта	На подъёмнике
Радиатор • кондиционера • системы двигателя • системы АКПП	100 100 90	Забит радиатор или радиаторное пространство, загрязнение системы охлаждения, неисправность помпы	В любых условиях
Соотношение температуры ОЖ от фактической	Разница показаний не превышает 5 %	Неисправность датчиков	В любых условиях
Подшипник муфты кондиционера	45	Перетянут ремень или неисправен подшипник	В частом случае в любых условиях (сложные модели – в условиях сервиса)
Подшипник шкива генератора	45	Перетянут ремень или неисправен подшипник	В частом случае в любых условиях (сложные модели – в условиях сервиса)
Соединение проводов • АКБ • генератор • стартер • масса	20 35 25 35	Плохой контакт прикасающихся элементов	В частом случае в любых условиях (сложные модели – в условиях сервиса)
Герметичность салона	Разница с уличной температурой до 7 %	Нарушен герметичный контур (уплотнитель)	В любых условиях
Работоспособность обогрева стекол, зеркал	30–60	Неисправность в нитях обогрева или питания обогрева	В любых условиях
Система полного привода	40	–	На подъёмнике
Катализатор	300–400	–	На подъёмнике

Таким образом, применение тепловизионного метода контроля уже на этапе визуального осмотра дает возможность быстро получить данные по фактическому состоянию диагностируемого автомобиля, и тем самым ускорить проведение диагностики в любых условиях и повысить ее эффективность.

Тепловизионный метод диагностирования узлов и агрегатов автомобиля является перспективным, но требует четкого определения рабочих температур контролируемых узлов и определение связи температур с причинами неисправностей.

Список литературы

1. Хасанов Р.Х., Сидорин Е.С., Голованов В.С. Повышение безопасности автомобиля на основе совершенствования процесса диагностирования // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – Т. 2. – С. 410–413.
2. Лянденбургский В.В., Родионов Ю.В., Нефедов М.В. Встроенная система диагностирования автомобиля // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 10. – С. 43–47.
3. Сиваков В.В., Липунов К.В. Повышение эффективности контроля состояния масла в автомобиле // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2015. – № 22. – С. 63–66.
4. Пегачков А.А. Повышение уровня достоверности оценки технического состояния автомобиля при использовании средств удаленного диагностирования // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 1. – С. 7–10. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-1-7-10
5. Пестриков В.М., Евкарпиев В.Е. Особенности диагностики современных автотранспортных средств [Электронный ресурс] // ТТПС. – 2014. – № 4 (30). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-dagnostiki-sovremennyh-avtotransportnyh-sredstv> (дата обращения: 03.08.2021).
6. Пеньков Е.А., Калимуллин Р.Ф., Ковриков И.Т. Обоснование разработки комплексного метода диагностирования узлов трансмиссии автомобиля // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 10 (52), ч. 2. – С. 104–108. DOI: 10.18454/IRJ.2016.52.167
7. Кудрявцев А.А., Бакулов П.А., Власов В.М. Перспективы автоматизированного подхода к диагностированию неисправностей автомобиля как помощь автовладельцу // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 1. – С. 13–19. – DOI: 10.33979/2073-7432-2021-72-1-13-19
8. ГОСТ Р ИСО 13373-2 – 2009. Контроль состояния и диагностика машин. Вибрационный контроль состояния машин. Ч. 2: Обработка, анализ и представление результатов измерений вибраций. – М.: Стандартинформ, 2010. – 28 с.
9. Review of Vibration Analysis Methods for Gearbox Diagnostics and Prognostics / M. Lebold, K. McClintic, R. Campbell, C. Byington, K. Maynard // Proceedings of the 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology. – Virginia Beach, VA. – 2000. – P. 623–634.
10. Тепловизионная съемка для поиска скрытых дефектов в тепловой защите зданий [Электронный ресурс] / А.А. Оленников, Е.В. Осокин, П.П. Кирилов, Е.Л. Гуца, В.В. Николенко // Вестник СибГИУ. – 2015. – № 4 (14). – С. 36–40. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnaya-semka-dlya-poiska-skrityh-defektov-v-teplovoy-zaschite-zdaniy> (дата обращения: 03.08.2021).
11. Sumtsov A., Falendysh A., Kletska O. Thermal imaging diagnostics locomotives // MATEC Web Conf. – 2018. – Vol. 182. – P. 01004. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818201004>
12. Thermal image based fault diagnosis for rotating machinery / O. Janssens, R. Schulz, V. Slavkovikj, K. Stockman, M. Loccufier, R. Van de Walle, S. VanHoecke // Infrared Physics & Technology. – 2015. – Vol. 73. – P. 78–87.
13. Towards intelligent lubrication control: Infrared thermal imaging for oil level prediction in bearings / Janssens, Olivier & Rennuy, Mathieu & Devos, Steven & Loccufier, Mia & Van de Walle, Rik & Hoecke, Sofie. – 2016. – P. 1330–1335. DOI: 10.1109/CCA.2016.7587991.

14. Сиваков В.В., Грядунев С.С., Деревягин Р.Ю. Повышение эффективности диагностирования автомобилей тепловизионным методом // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2021: материалы VII Международной научно-практической конференции «Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса» в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие», 25 мая 2021 г. – Горловка: АДИ ГОУ ВПО ДОННТУ, 2021. – С. 76–78.
15. Голованов Ю.В., Хасанов И.Х. Тепловизионный метод контроля технического состояния кузова легкового автомобиля [Электронный ресурс] // Вестник ОГУ. – 2014. – № 10 (171). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnyy-metod-kontrolya-tehnicheskogo-sostoyaniya-kuzova-legkovogo-avtomobilya> (дата обращения: 02.08.2021).
16. Жилко С.С. Тепловизионная диагностика системы выпуска отработавших газов автотранспортных средств [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2019. – № 22 (260). – С. 115–118. – URL: <https://moluch.ru/archive/260/59708/> (дата обращения: 02.08.2021).
17. Лещик С.Д., Зноско К.Ф. Тепловая диагностика автомобиля [Электронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал «Университет образовательных инноваций». – 2019. – № 2. – URL: http://www.euryedu.grsu.by/images/files/2_2019/11.pdf (дата обращения: 02.08.2021).
18. Смотрим насквозь: диагностика авто с помощью тепловизора [Электронный ресурс]. – URL: <https://tehnopanorama.ru/avto/smotrim-naskvoz-diagnostika-avto-s-pomoschyu-teplovizora.html> (дата обращения: 10.04.2021).
19. Тепловизор при диагностике автомобиля [Электронный ресурс]. – URL: <https://osandroids.ru/teplovizor-pri-diagnostike-avtomobilya/> (дата обращения: 02.08.2021).
20. Диагностика неисправностей автомобиля тепловизором [Электронный ресурс]. – URL: <https://zmz402.ru/teplovizor.htm> (дата обращения: 10.04.2021).
21. Сиваков В.В., Грядунев С.С., Деревягин Р.Ю. Применение тепловизора при диагностировании автомобиля // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2021. – № 33. – С. 83–86.
22. Intelligent Thermal Imaging-Based Diagnostics of Turbojet Engines / R. Andoga, L. Fözö, M. Schrötter, M. Češkovič, S. Szabo, R. Bréda, M. Schreiner // Appl. Sci. – 2019. – № 9. – P. 2253.
23. Diagnostics of automotive ignition system in operating conditions / M. Sebok, M. Kubis, M. Gutten, M. Kucera, T.N. Koltunowicz, V. Bondariev // 2020 ELEKTRO. – 2020. – P. 1–4. DOI: 10.1109/ELEKTRO49696.2020.9130258
24. Тепловизор для смартфона и планшета SEEK THERMAL COMPACT PRO [Электронный ресурс]. – URL: <https://dadget.ru/catalog/house> (дата обращения: 02.08.2021).

References

1. Khasanov R.H., Sidorin E.S., Golovanov V.S. Povyshenie bezopasnosti avtomobilia na osnove sovershenstvovaniia protsessa diagnostirovaniia [Improving vehicle safety by improving the diagnostic process]. *Modernizatsiia i nauchnye issledovaniia v transportnom komplekse*, 2013, vol. 2, pp. 410–413.
2. Lyandenbursky V. V., Rodionov Yu. V., Nefedov M. V. Vstroennaia sistema diagnostirovaniia avtomobilia [Built-in car diagnostics system]. *Avtotransportnoe predpriiatie*, 2012, no. 10, pp. 43–47.
3. Sivakov V.V., Lipunov K.V. Povyshenie effektivnosti kontrolya sostoiianiia masla v avtomobile [Improving the efficiency of state control of the oil in the car]. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii*, 2015, no.22, pp.63–66.
4. Pegachkov A.A. Povyshenie urovnia dostovernosti otsenki tekhnicheskogo sostoiianiia avtomobilia pri ispol'zovanii sredstv udalennogo diagnostirovaniia [Increase in level of estimate reliability of technical state of automobile by remote diagnosis means]. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiia*, 2019, no. 1, pp.7–10. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-1-7-10.
5. Pestrikov V.M., Evkarpiev V.E. Osobennosti diagnostiki sovremennykh avtotransportnykh sredstv [Features of diagnostics of modern motor vehicles]. *TTPS*, 2014, no. 4 (30), available at: [//cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-diagnostiki-sovremennykh-avtotransportnykh-sredstv](https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-diagnostiki-sovremennykh-avtotransportnykh-sredstv) (accessed 03 August 2021).
6. Penkov E.A., Kalimullin R.F., Kovrikov I.T. Obosnovanie razrabotki kompleksnogo metoda diagnostirovaniia uzlov transmissii avtomobilia [Rationale for the development of complex method of diagnosing a parts transmission a car]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2016, no. № 10 (52), part 2, pp. 104–108. DOI: 10.18454/IRJ.2016.52.167.

7. Kudryavtsev A.A., Bakulov P.A., Vlasov V.M. Perspektivy avtomatizirovannogo podkhoda k diagnostirovaniyu neispravnostei avtomobilia kak pomoshch' avtovladel'tsu [Perspectives of the automated approach to the diagnosing vehicle's malfunctions as the online help for the driver]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2021, no1, pp.13–19. DOI: 10.33979/2073-7432-2021-72-1-13-19.
8. Kontrol' sostojaniya i diagnostika mashin. Vibracionnyj kontrol' sostojaniya mashin. Chast' 2. Obrabotka, analiz i predstavlenie rezul'tatov izmerenij vibracij [Condition monitoring and diagnostics of machines – Vibration condition monitoring – Part 2: Processing, analysis and presentation of vibration data]: GOST R ISO 13373-2 – 2009. Moscow, Standartinform, 2010, 28 p.
9. Lebold M., McClintic K., Campbell R., Byington C., Maynard K. Review of Vibration Analysis Methods for Gearbox Diagnostics and Prognostics // Proceedings of the 54th Meeting of the Society for Machinery Failure Prevention Technology, Virginia Beach, VA, 2000, pp. 623–634.
10. Olennikov A. A., Osokin E. V., Kirillov P. P., Gushcha E. L., Nikolenko V. V. Teplovizionnaia s"emka dlja poiska skrytykh defektov v teplovoi zashchite zdaniy [Thermal imaging to search for hidden defects in the thermal protection of buildings]. *Vestnik SibGIU*, 2015, no.4 (14), pp. 36–40, available at: //cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnaya-semkadya-poiska-skrytykh-defektov-v-teplovoy-zaschite-zdaniy (accessed 03 August 2021).
11. Sumtsov A., Falendysh A., Kletska O. Thermal imaging diagnostics locomotives. MATEC Web Conf., 2018, vol. 182, pp. 01004. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818201004>
12. Janssens, O., Schulz, R., Slavkovikj, V., Stockman, K., Loccufier, M., Van de Walle, R., VanHoecke S. Thermal image based fault diagnosis for rotating machinery. *Infrared Physics & Technology*, 2015, vol. 73, pp. 78–87.
13. Janssens, Olivier & Renuy, Mathieu & Devos, Steven & Loccufier, Mia & Van de Walle, Rik & Hoecke, Sofie. Towards intelligent lubrication control. Infrared thermal imaging for oil level prediction in bearings. 2016, pp. 1330–1335. DOI: 10.1109/CCA.2016.7587991.
14. Sivakov V. V., Grydunov S. S., Derevyagin R. Yu. Povyshenie effektivnosti diagnostirovaniya avtomobilei teplovizionnym metodom [Improving the efficiency of diagnosing cars by thermal imaging method]. *Nauchno-tekhnicheskie aspekty razvitiia avtotransportnogo kompleksa 2021. Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchno-tekhnicheskie aspekty razvitiia avtotransportnogo kompleksa» v ramkakh 7-go Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma Donetskoi Narodnoi Respubliki «Innovatsionnye perspektivy Donbassa: infrastruktural'noe i sotsial'no-ekonomicheskoe razvitiie», 25 maia 2021 g.* – Gorlovka: ADI GOU VPO "DONNTU", 2021, pp. 76–78.
15. Golovanov Yu.V., Khasanov I.Kh. Teplovizionnyi metod kontrolya tekhnicheskogo sostoianiya kuzova legkovogo avtomobilia [Thermal imaging method for monitoring the technical condition of the car body]. *Vestnik OGU*, 2014, no. 10 (171). available at: //cyberleninka.ru/article/n/teplovizionnyy-metod-kontrolya-tehnicheskogo-sostoyaniya-kuzova-legkovogo-avtomobilya (accessed 02 August 2021).
16. Zhilko S.S. Teplovizionnaia diagnostika sistemy vypuska otrabotavshikh gazov avtotransportnykh sredstv [Thermal imaging diagnostics of the exhaust gas exhaust system of motor vehicles]. *Molodoi uchenyi*, 2019, no. 22 (260), pp. 115–118. available at: //moluch.ru/archive/260/59708/ (accessed 02 August 2021).
17. Leshchik S. D., Znosko K. F. Teplovaia diagnostika avtomobilia [Thermal diagnostics of the car]. *Elektronnyi nauchno-metodicheskii zhurnal «Universitet obrazovatel'nykh innovatsii»*, 2019, no.2. available at: //www.euryedu.grsu.by/images/files/2_2019/11.pdf (accessed 02 August 2021).
18. Smotrim naskvoz': diagnostika avto s pomoshch'iu teplovizora [We look through: car diagnostics using a thermal imager]. available at: //tehnopanorama.ru/avto/smotrim-naskvoz'-diagnostika-avto-s-pomoschyu-teplovizora.html (Verified: 10.04.2021).
19. Teplovizor pri diagnostike avtomobilia [Thermal imager for car diagnostics]. available at: //osandroids.ru/teplovizor-pri-diagnostike-avtomobilya/ (accessed 02 August 2021).
20. Diagnostika neispravnostei avtomobilia teplovizorom [Diagnostics of vehicle malfunctions with a thermal imager]. available at: //zms402.ru/teplovisor.htm (accessed 10 April 2021).
21. Sivakov V. V., Grydunov S. S., Derevyagin R. Yu. Primenenie teplovizora pri diagnostirovanii avtomobilia [The use of a thermal imager when diagnosing a car]. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii*, 2021, no. 33, pp. 83–86.
22. Andoga R., Fözö L., Schrötter M., Češkovič M., Szabo S., Bréda R., Schreiner M. Intelligent Thermal Imaging-Based Diagnostics of Turbojet Engines. *Appl. Sci.*, 2019, no. 9, pp. 2253.
23. Sebok M., Kubis M., Gutten M., Kucera M., Koltunowicz T.N., Bondariev V. Diagnostics of automotive ignition system in operating conditions. *2020 ELEKTRO*, 2020, pp. 1–4. DOI: 10.1109/ELEKTRO49696.2020.9130258.
24. Teplovizor dlja smartfona i plansheta SEEK THERMAL COMPACT PRO [Thermal imager for smartphone and tablet SEEK THERMAL COMPACT PRO]. available at: //dadget.ru/catalog/house (accessed 02 August 2021).

Получено 10.08.2021

Об авторах

Сиваков Владимир Викторович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортно-технологические машины и сервис», заместитель директора по учебной работе Института лесного комплекса, транспорта и экологии, Брянский государственный инженерно-технологический университет (Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3, e-mail: sv@bgitu.ru, ORCID: 0000-0002-0175-9030, ResearcherID: R-7264-2019).

Грядунов Сергей Семенович (Брянск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Триботехническое материаловедение и технологии материалов», Брянский государственный технический университет (Россия, 241035, г. Брянск, бул. 50 лет Октября, 7, e-mail: grydunowcc@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1141-9969, ResearcherID: AAI-2666-2020).

Деревагин Роман Юрьевич (Брянск, Россия) – магистрант кафедры «Транспортно-технологические машины и сервис», Брянский государственный инженерно-технологический университет (Россия, 241037, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3, e-mail: irom4u94@gmail.com).

About the authors

Vladimir V. Sivakov (Bryansk, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of «Transport and Technological Machines and Services» Department, Deputy Director for Academic Work in Institute of Forest Complex, Transport and Ecology, Bryansk State University of Engineering and Technology (3, Stanke Dimitrov ave., Bryansk, 241037, Russian Federation, e-mail: sv@bgtu.ru, ORCID: 0000-0002-0175-9030, ResearcherID: R-7264-2019).

Sergey S. Gryadunov (Bryansk, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University (7, Boulevard 50 years of October, Bryansk, 241035, Russian Federation, e-mail: grydunowcc@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1141-9969, ResearcherID: AAI-2666-2020).

Roman Yu. Derevyagin (Bryansk, Russian Federation) – master's student of the «Transport and Technological Machines and Services» Department, Bryansk State University of Engineering and Technology (3, Stanke Dimitrov ave., Bryansk, 241037, Russian Federation, e-mail: irom4u94@gmail.com).