

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. П. Пославский¹, В. В. Сорокин²

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹e-mail: aposlavsky@mail.ru

²e-mail: bbc1979@rambler.ru

А. А. Фадеев³

ООО «Технология», Оренбург, Россия

³e-mail: aafadeev86@mail.ru

Аннотация. Теплообменники служат для стабилизации и поддержания температурного режима различных агрегатов и систем автомобилей. Техническое состояние теплообменников в эксплуатации различно и непостоянно. На определенном интервале наработки техническое состояние любого из теплообменников может стать предельным, вследствие воздействия различного рода эксплуатационных факторов. В статье анализируется возможность совершенствования средств и методов диагностического обеспечения автомобильных теплообменников в эксплуатации.

При проектировании и производстве автомобильных теплообменников проводятся их испытания в специализированных лабораториях, оснащенных испытательными стендами, характеризующимися высокими капитальными и эксплуатационными затратами. Использование этих стендов для диагностирования теплообменников в эксплуатации неприменимо.

Вследствие ограниченности и несовершенства известных методов и средств диагностирования автомобильных теплообменников в эксплуатации, объективная оценка их текущего технического состояния затруднена и требует поиска новых, более совершенных вариантов диагностического обеспечения.

Актуальность тематики статьи заключается в поиске путей совершенствования диагностического обеспечения, приспособленного для количественной оценки технического состояния теплообменников в эксплуатации.

Целью работы является совершенствование метода и средств диагностирования теплообменников в эксплуатации на основе модернизации конструкции стенда испытаний модулей радиаторов.

Потенциально возможным вариантом модернизации выбран ранее разработанный авторами стенд для испытаний модулей автомобильных радиаторов, отличающийся эффектом ресурсосбережения при получении результатов испытаний.

Достижение цели требует обновления архитектуры структурных элементов стенда и поиска конструкторско-технологических решений, способствующих достижению цели.

Методический инструментарий исследования базируется на диалектически взаимосвязанных методах: анализе проблемной ситуации и последующем конструкторско-технологическом синтезе.

Научная новизна заключается в разработке условий модернизации, позволяющих расширить функциональные возможности базовой конструкции стенда.

Практическая значимость результатов состоит в выборе направления исследования, с новой совокупностью технических предложений и условий для достижения цели работы.

Ключевые слова: автомобиль, теплообменник, рабочие характеристики, техническое состояние, диагностирование, стенд.

Для цитирования: Пославский А. П., Сорокин В. В., Фадеев А. А. К вопросу о возможности разработки средств и методов инструментального диагностирования теплообменников транспортной техники в эксплуатации // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2021. – № 4. – С. 60–67. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-4-60.

TO THE QUESTION OF THE POSSIBILITY OF DEVELOPING TOOLS AND METHODS FOR INSTRUMENTAL DIAGNOSTICS OF HEAT EXCHANGERS OF TRANSPORT EQUIPMENT IN OPERATION

A. P. Poslavsky¹, V. V. Sorokin²

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹e-mail: aposlavsky@mail.ru

²e-mail: bbc1979@rambler.ru

A. A. Fadeev³

LTD company «Technology», Orenburg, Russia

³e-mail: aafadeev86@mail.ru

Abstract. Heat exchangers are used to stabilize and maintain the temperature regime of various units and systems of cars. The technical condition of heat exchangers in operation is different and unstable. At a certain operating time interval, the technical condition of any of the heat exchangers can become limiting due to the influence of various kinds of operational factors. The article analyzes the possibility of improving the means and methods of diagnostic support of automobile heat exchangers in operation.

In the design and manufacture of automotive heat exchangers, they are tested in specialized laboratories equipped with test stands characterized by high capital and operating costs. The use of these stands for diagnosing heat exchangers in operation is not applicable.

Due to the limitations and imperfections of the known methods and means of diagnosing automobile heat exchangers in operation, an objective assessment of their current technical condition is difficult and requires the search for new, more advanced diagnostic options.

The relevance of the topic of the article lies in the search for ways to improve the diagnostic support, adapted for a quantitative assessment of the technical condition of heat exchangers in operation.

The aim of the work is to improve the method and means of diagnosing heat exchangers in operation on the basis of modernizing the design of the test bench for radiator modules.

Potentially a possible upgrade option was chosen previously developed by the authors stand for testing modules of automobile radiators, which is distinguished by the effect of resource saving when obtaining the test result.

Achievement of the goal requires updating the architecture of the structural elements of the stand, and the search for design and technological solutions that contribute to the achievement of the goal.

The methodological research toolkit is based on dialectically interrelated methods: analysis of a problem situation and subsequent design and technological synthesis.

Scientific novelty lies in the development of conditions for modernization, allowing to expand the functionality of the basic structure of the stand.

The practical significance of the results lies in the choice of the direction of research, with a new set of technical proposals and conditions for achieving the goal of the work.

Key words: car, modernization, heat exchanger, performance characteristics, diagnostics, stand.

Cite as: Poslavsky, A. P., Sorokin, V. V., Fadeev, A. A. (2021) [To the question of the possibility of developing tools and methods for instrumental diagnostics of heat exchangers of transport equipment in operation]. *Intellect. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 60–67. DOI: 10.25198/2077-7175-2021-4-60.

Введение

Теплообменники являются неотъемлемой составной частью транспортной техники (ТТ), оснащенной двигателями внутреннего сгорания (ДВС), и служат для стабилизации и поддержания температурного режима различных агрегатов и систем. К ним необходимо отнести: радиатор охлаждения ДВС, масляный радиатор, радиатор-отопитель салона, охладитель наддувочного воздуха (для турбированных ДВС), конденсатор системы кондиционирования и др. [3, 4].

Рабочие характеристики теплообменников закладываются в соответствии с техническими зада-

ниями заводов-производителей ТТ. На этапе проектирования и производства теплообменники подвергаются испытанию на стендах с целью определения требуемых рабочих характеристик и сертификации. Потребность в таких испытаниях обеспечивается специализированными лабораториями, оснащенными стендами для испытаний по типу «аэрогидродинамическая труба» [1]. Капитальные и эксплуатационные затраты на испытания при этом сравнительно высоки, поэтому рентабельность использования таких стендов может быть обеспечена только в условиях серийного или массового производства ТТ [13, 15].

Значительные затраты ресурсов требуются не только на производство, монтаж и отладку стенов. Для испытаний теплообменников требуются особые условия, заключающиеся в обеспечении стационарного температурного режима воздуха в помещении лаборатории и, в том числе, на входе в аэрогидродинамические контуры [2].

Испытания характеризуются большими энергетическими, материальными и иными ресурсными затратами. При большом разнообразии типоразмеров изделий возрастают дополнительные затраты на производство технологической оснастки и её содержание.

Из вышеизложенного следует констатировать, что промышленные специализированные стенды по вышеперечисленным причинам не могут быть использованы для диагностирования теплообменников транспортных средств на стадии эксплуатации. Для условий эксплуатации необходимо искать иные варианты диагностического оборудования.

Сущность проблемной ситуации

Техническое состояние теплообменников меняется в процессе эксплуатации в сторону снижения интегрального показателя – теплоотдачи, как наиболее важного критерия их работоспособности в эксплуатационном цикле. Известны методы технического периодического (сезонного) обслуживания с рекомендациями по профилактике и устранению возникающих неисправностей. Однако в отношении фактического значения показателя теплоотдачи отсутствуют средства и методы количественной оценки. В известных методах диагностирования теплообменников возможными являются измерения перепада температуры в гидравлическом контуре на входе и выходе и экспериментальное определение критического значения температуры $t_{кр}$, при которой закипает охлаждающая жидкость [6]. Разработкой и исследованиями радиаторов в эксплуатации занималась школа доктора технических наук В. В. Буркова. В период его работы в ЛСХИ производились масштабные исследования автотракторных радиаторов в составе ТТ. Разработанные методы диагностирования технического состояния относятся к 70–80 гг. прошлого столетия, когда радиаторы охлаждения работали на технической воде [5]. Метод с определением температур на входе-выходе охлаждающей жидкости так же неинформативен, поскольку неизвестен массовый её расход из-за изменения режимов нагрузки ДВС [14].

Контроль и диагностирование рабочих характеристик теплообменников транспортных средств на стадии эксплуатации необходим по следующим причинам:

- для определения фактических, наиболее важных показателей качества функционирования в составе транспортного средства. Например, наиболее

важное свойство – теплоотдача не зависит от свойства самого теплообменника, а зависит от внешних условий теплообмена. На теплоотдачу влияют также условия работы теплообменника в подкапотном пространстве и в составе блока теплообменных устройств. Максимальное количество теплообменников в блоке может достигать до 5–6 единиц.

- для определения текущего технического состояния теплообменников при наработке на интервале до отказа, с целью своевременного технического обслуживания, как наиболее рационального метода поддержания работоспособности. Известно, что вследствие изменения технического состояния в процессе длительной эксплуатации, потенциал работоспособности снижается;

- необходимости определения фактических показателей технического состояния по наработке в эксплуатации (требование контролепригодности);

- необходимости определения причин нарушения работоспособности и оценки рациональности методов восстановления работоспособности при ТО и ТР;

- для оценки использования применяемых методов текущего и капитального ремонта демонтированного теплообменника;

- для установления закономерности изменения технического состояния с целью определения предельного состояния и обоснования периодичности ТО или СО для каждого из теплообменных устройств;

- в связи с необходимостью установления границ допустимого значения показателей работоспособности для разработки перспективных электронных встроенных средств диагностирования;

- для оценки результативности процессов поддержания и восстановления работоспособности теплообменников, применяемых при техническом обслуживании и ремонте.

Поскольку в эксплуатации инструментальный контроль и диагностирование теплообменных устройств транспортной техники по критерию теплоотдачи отсутствуют, то исследования, направленные на совершенствование методов и средств диагностирования теплообменников, являются актуальными.

Анализ и поиск пути

Прежде всего, необходимо отметить, что значение теплоотдачи, установленное в процессе испытаний на заводе-изготовителе, соответствует его потенциальным характеристикам как единичное изделие. Необходимо признать, что в составе транспортного средства потенциальные свойства установленных теплообменных устройств не могут быть достигнуты по нескольким причинам. Это объясняется тем, что при установке на автомобиль в подкапотном пространстве нарушаются усло-

вия набегающего аэродинамического потока охлаждающего воздуха. Следствием этого становится повышение аэродинамического сопротивления и, соответственно, снижение массового расхода воздуха [7]. Учитывая, что для большинства легковых автомобилей, как наиболее массового вида транспортных средств, характерна последовательная конструктивная компоновка блока теплообменников, то это приводит к еще большему возрастанию аэродинамического сопротивления. Аэродинамическое сопротивление также увеличивается в случае нагрева охлаждающей жидкости выше уровня критической температуры.

Однако наибольший вклад в процесс снижения теплоотдачи теплообменников систем охлаждения вносят эксплуатационные отложения на теплопередающих поверхностях, вследствие загрязнения теплопередающих поверхностей теплообменни-

ков. Справедливо отметим, что загрязнения могут быть устранены в процессе мойки и очистки блока теплообменников при техническом обслуживании. Однако результативность таких операций не может быть определена известными средствами и методами.

Негативное влияние вышеописанных причин на теплоотдачу теплообменных устройств отчасти компенсируется тем, что значительная часть транспортных средств эксплуатируется в режиме переохлаждения [2].

Решение проблемы создания средств и методов инструментального контроля и диагностирования, позволяющего количественно оценить техническое состояние теплообменников в эксплуатации, по мнению авторов, возможно на основе стенда для определения рабочих характеристик радиаторов охлаждения ДВС, представленного на рисунке 1.

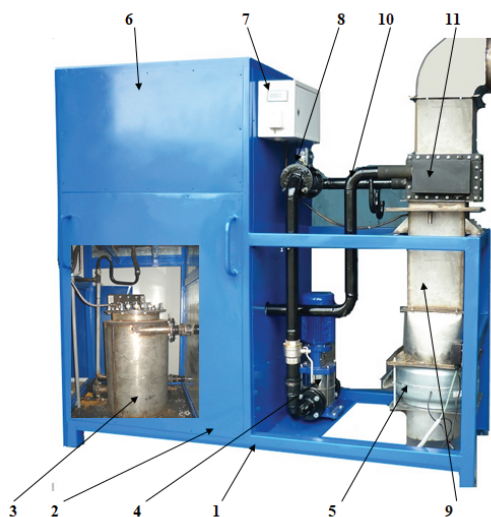


Рисунок 1. Общий вид стенда

1 – каркас; 2 – обшивка стенда; 3 – парогенератор; 4 – циркуляционный насос; 5 – электроventильатор; 6 – расширительная емкость (находится внутри корпуса); 7 – блок управления электроventильатором; 8 – прибор контроля расхода воды (расходомер); 9 – воздуховод (аэродинамическая труба); 10 – гидравлический контур; 11 – радиатор

Источник: разработано автором

Регистрируемые и определяемые параметры рабочего процесса радиаторов на стенде [1]:

- теплоотдача и график зависимости $Q = f(V_L)$ в логарифмических координатах, кВт;
- энергия, затрачиваемая в процессе испытаний, кВт·ч;
- коэффициент теплопередачи (теплоотдачи), Вт/(м²·°C);
- температура воды, воздуха на входе-выходе, °C;
- температурный напор (среднегарифмический), °C;

- массовый расход воздуха, кг/с;
- аэродинамическое сопротивление теплообменника, Па;
- гидравлическое сопротивление теплообменника, кПа.

Целью работы является совершенствование метода и средств диагностирования теплообменников ТТ в эксплуатации на основе модернизации конструкции стенда испытаний модулей радиаторов. В задачу модернизации входит развитие его потенциальных возможностей по принципиально необходимым компонентам. В частности:

1. Разработка дополнительных средств технологического оснащения, обеспечивающих испытание разнообразных моделей и типов теплообменников.

2. Встраивание в основной водяной контур дополнительного теплообменника с принудительной системой циркуляции жидкости (масло, тосол и др.).

3. Разработка варианта обеспечения сжатым воздухом стенда для моделирования условий рабочего процесса охладителей наддувочного воздуха.

4. Дополнение аппаратными и измерительными средствами измерительно-вычислительного комплекса.

5. Разработка нового программного обеспечения, позволяющего выполнять контроль, регистрацию, обработку и хранение результатов рабочих характеристик теплообменников всех типов и моделей.

На текущий момент, в первую очередь, необходимо доказать принципиальную возможность реализации поставленной цели на единичных образцах теплообменников. Некоторая часть наработок авторов для модернизации имеется [1, 11, 12]. Техническое задание на модернизацию стенда должно предусматривать реализацию значений выходных параметров, как необходимые и достаточные для доказательства работоспособности модернизируемого стенда. Это снизит трудовые и финансовые затраты и ускорит разработку стенда в статусе опытно-промышленного.

Базисом для модернизации стенда является наработанный материал по исследованию тепловых процессов и их энергоэффективности, а также приобретенный опыт в проектировании устройств для оценки эффективности энергопотребления в технике и технологиях [9, 10, 16].

Диагностирование жидкостных теплообменников не вызывает опасений в отношении преемственности отработанного метода испытаний на опытно-промышленной установке [12]. На рисунке 2 представлена принципиальная схема диагностирования рабочих характеристик теплообменников воздушно-воздушного типа (охладители наддувочного воздуха), предусматривающая работу с дополнительным устройством, моделирующим работу системы турбонаддува. Моделирующее устройство сопряжено с диагностируемым теплообменником.

Материализованная реализация представленной схемы позволит экспериментально подтвердить принципиальную возможность количественного определения значений теплоотдачи на разнице измеренного значения количества теплоты, проходящей через базовый радиатор при условии отсутствия нагрузки на дополнительный теплообменник при включенной тепловой нагрузке. Этим методом возможно оценить техническое состояние дополнительного теплообменника (охладителя наддувочного воздуха) по критерию теплоотдачи, в том числе степень загрязненности поверхностей теплообмена.

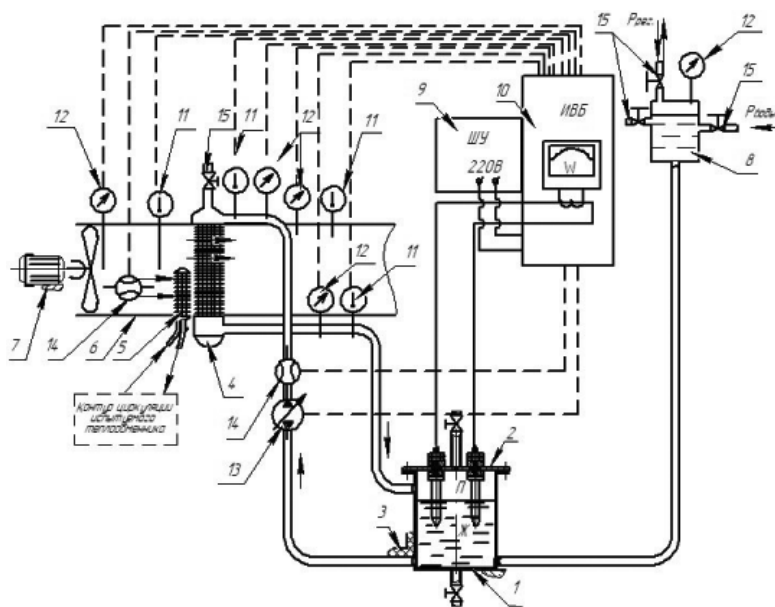


Рисунок 2. Принципиальная схема стенда диагностирования водо-воздушных теплообменников

1 – измерительный парогенератор; 2 – электродный узел; 3 – теплоизоляция; 4 – радиатор; 5 – испытуемый теплообменник; 6 – воздуховод; 7 – узел вентилятора; 8 – расширительный бак; 9 – шкаф управления; 10 – измерительно-вычислительный блок; 11 – датчик температуры; 12 – датчик давления; 13 – циркуляционный насос; 14 – расходомер; 15 – клапан

Источник: разработано автором

Для сопряжения с модернизированным стендом разработано устройство моделирования работы си-

стем турбонаддува, принципиальная схема которого представлена на рисунке 3.

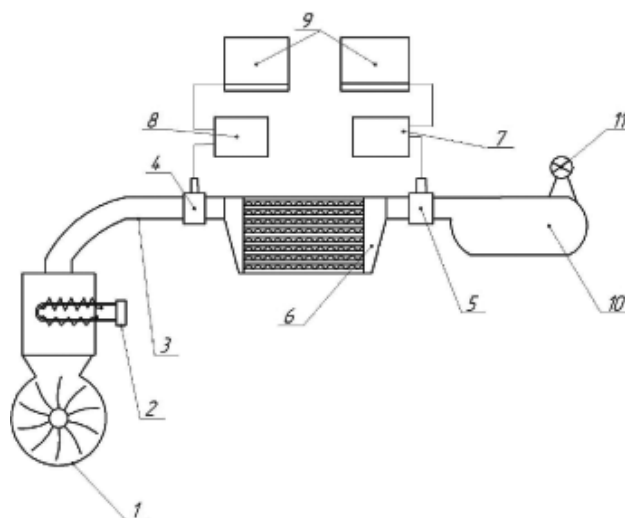


Рисунок 3. Принципиальная схема моделирующего устройства для промежуточных охладителей наддувочного воздуха

1 – вентилятор; 2 – нагреватель; 3 – трубопровод; 4 и 5 – датчики массового расхода воздуха; 6 – охладитель наддувочного воздуха; 7 и 8 – электронный блок управления; 9 – компьютеры; 10 – ресивер; 11 – клапан выпускной

Источник: разработано автором

Для воздухо-воздушных теплообменников, как сказано выше, будет подключено моделирующее устройство к стенду. Разработка промышленного варианта моделирующего устройства рабочего процесса охладителей наддувочного воздуха будет перспективной задачей научно-прикладного характера.

Направления дальнейших исследований связаны с реализацией намеченных конструкторско-технологических решений по модернизируемому стенду диагностирования автомобильных теплообменников в эксплуатации с расширенными функциональными возможностями. Апробация новых средств и методов диагностического обеспечения позволит разработать промышленные диагностические стенды, способные обеспечивать потребности в услугах по определению технического состояния теплообменной аппаратуры автомобилей.

В настоящее время проводятся проектно-конструкторские работы по модернизации узлов и систем стенда в направлении его универсализации и расширения функциональных возможностей для обеспечения количественной оценки показателей технического состояния автомобильных теплообменников с пробегом.

Заключение

В работе затронута сложная проблема диагностического обеспечения автомобильных теплообменников в эксплуатации. На сегодняшний день автомобили 7 отечественных и 12 мировых автоконцернов выпускают модельные ряды, исчисляемые десятками моделей, укомплектованные теплообменниками с различными габаритно-весовыми и рабочими характеристиками. Такое разнообразие типов и моделей невозможно обеспечить диагностическими услугами одной моделью стенда. Даже в пределах возможностей представляемого модернизированного стенда необходима перенастройка некоторых узлов. Для этого потребуется разрабатывать технологическую оснастку для каждого типа и модели испытуемых теплообменников, которая будет занимать дополнительные площади. Однако авторами найдены технические решения по данной проблеме.

На начальном этапе модернизации всегда будет стоять необходимость в доказательстве принципа количественного определения наиболее важных рабочих характеристик, прежде всего – теплоотдачи в эксплуатационных условиях.

В дальнейшем будут выполняться работы по оптимизации конструкции промышленного варианта стенда для диагностирования легковых автомобилей.

Литература

1. Аверкиев Л. А., Пославский А. П., Мануйлов В. С. Сервисно-диагностический комплекс для авто-тракторных теплообменников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 10. – С. 41–42.

2. Аверкиев Л. С. Аллюминиевые теплообменники сельскохозяйственных и транспортных машин – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 239 с.
3. Антропов Б. С., Бодров В. А., Басалов И. С. Защита радиаторов системы охлаждения двигателей от продуктов накипи и коррозии [Использование сетчатых фильтров в автотракторных двигателях] // Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 4. – С. 82–84.
4. Аюгин П. Н., Аюгин Н. П., Халимов Р. Ш. Модернизация системы охлаждения тракторного двигателя // Техника и оборуд. для села. – 2015. – № 4. – С. 17–20.
5. Бурков В. В. Автотракторные радиаторы: монография. – Л.: Машиностроение, 1978. – 214 с.
6. Григоренко В. Г., Новачук Я. А., Слободенюк А. С. Процессы теплопередачи в устройствах тепловозов // Мир транспорта. – 2010. – Т. 8. № 4(32). С. 18–21.
7. Гусаков С. В., Марков В. А., Ахмадния М. Расчетные исследования автомобильного двигателя на режимах испытательных циклов // Автомобильная промышленность. – 2015. – № 10. – С. 4–6.
8. Корчажкин М. Г., Пачурин Г. В., Беляев Д. В. Особенности эффективности работы систем охлаждения автомобильных двигателей в условиях повышенных температур // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8 (часть 1) – С. 64–67.
9. Пат. 2689655 Российская Федерация МПК F01N 11/00, F02M 26/25. Способ и система для диагностики теплообменника отработавших газов / Беван К. Э. [и др.]; заявитель и патентообладатель Форд ГлобалТехнолоджиз, ЛЛК. – № 201713328; заявл. 25.09.2017; опубл. 28.05.2019, бюл. № 16. – 57 с.
10. Пат. 2544365 Российская Федерация МПК G01R 22/04, Устройство для измерения рабочих характеристик / Пославский А. П. [и др.]; заявитель и патентообладатель Пославский А. П.; заявл. 06.05.2013; опубл. 20.11.2014, бюл. № 8. – 6 с.
11. Пославский А. П., Ковриков И. Т., Соколов В. Ю. Диагностирование эксплуатационных характеристик теплообменников транспортной техники // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2009. – № 9. – С. 134–138.
12. Тарасенко В. Е., Голод С. В. Исследование элементов жидкостного и воздушного контуров системы охлаждения дизеля трактора «Беларус-3022ДВ» // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 21–22 окт. 2009 г.). – Минск: Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва, 2009. – Т. 1. – С. 133–141.
13. Якубович А. И., Кухаренок Г. М., Тарасенко В. Е. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Исследования, параметры и показатели: монография. – Минск: БНТУ, 2014. – 300 с.
14. Sivashankari P. et al (2019). Modeling of automotive radiator by varying structure of fin and coolant. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8 (2), pp. 2139–2146.
15. With Separation Of A Moisture On High Pressure // KORUS 2000: Proc. Of the 4th Korea-Russia-Intern. Simp. On Science Technology. – Ulsan, Korea: UU, 2000. – Vol. 3. Machine Parts and Materials Processing. – P. 196–200.
16. Pankaj C. J. (2019). Design and analysis of heat exchanger by using computational fluid dynamics. In Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies. Academic Press, pp 159–176.

References

1. Averkiev, L. A., Poslavskiy, A. P., Manuilov, V. S. (2007) [Service and diagnostic complex for automotive heat exchangers]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny* [Tractors and agricultural machines]. No. 10, pp. 41–42. (In Russ.).
2. Averkiev, L. S. (1985) *Alyuminiyevyye teploobmenniki sel'skokhozyay-stvennykh i transportnykh mashin* [Aluminum heat exchangers for agricultural and transport machines]. Leningrad: Machine building, 239 p.
3. Antropov, B. S., Bodrov, V. A., Basalov, I. S. (2014) [Protection of radiators of the engine cooling system from scale and corrosion products (Use of mesh filters in automotive engines)]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya* [Bulletin of APK Verkhnevolzhya]. No. 4, pp. 82–84. (In Russ.).
4. Ayugin, P. N., Ayugin, N. P., Halimov, R. Sh. (2015) [Modernization of the tractor engine cooling system]. *Tekhnika i oborud. dlya sela* [Tekhnika i oborud. for the village]. No. 4, pp. 17–20. (In Russ.).
5. Burkov, V. V., Indeykin, A. I. (1978) *Avtotraktornye radiators* [Tractor radiators]. Leningrad: Machine building, 214 p.
6. Grigorenko, V. G., Novachuk, Ya. A., Slobodenyuk, A. S. (2010) [Heat transfer processes in diesel locomotive devices]. *Mir transporta* [World of transport]. Vol. 8. No. 4 (32), pp. 18–21. (In Russ.).
7. Gusakov, S. V., Markov, V. A., Akhmadnia, M. (2015) [Computational studies of an automobile engine in test cycle modes]. *Avtomobil'naya promyshlennost'* [Automobile industry magazine]. No. 10, pp. 4–6. (In Russ.).
8. Korchazhkin, M. G., Pachurin, G. V., Belyaev, D. V. (2015) [Features of the efficiency of cooling systems of automobile engines in conditions of elevated temperatures]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental research]. No. 8 (part 1), pp. 64–67. (In Russ.).

9. Pat. 2689655 Russian Federation IPC F01n 11/00, F02m 26/25. Method and system for diagnostics of exhaust gas heat exchanger / Bevan K. E. et al ; applicant and patent holder Ford global technologies, LLC. – No. 201713328; declared 25.09.2017; published 28.05.2019, bul. no. 16. – 57 p.
10. Pat. 2544365 Russian Federation, MPK G01R 22/04 device for measuring performance / Poslavskiy A. P. et al ; applicant and patentee Poslavsky A. P.; Appl. 06.05.2013; publ. 20.11.2014, bull. No. 8. – 6 p.
11. Poslavskiy, A. P., Kovrikov, I. T., Sokolov, V. Y. (2009) [Diagnosing operational characteristics of heat exchangers of transport equipment]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*[Bulletin of the Orenburg State University]. No. 9, pp. 134–138. (In Russ.).
12. Tarasenko, V. E., Golod, S. V. (2009) [Study of the elements of the liquid and air circuits of the diesel engine cooling system of the tractor «Belarus-3022DV»]. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve / Nauch.-prakt. tsentr Nats. akad. nauk Belarusi po mekhanizatsii sel. khoz-va* [Scientific and technical progress in agricultural production / Scientific-practical. center Nat. acad. sciences of Belarus on mechanization of villages. households]. No. 1, pp. 133–141. (In Russ.).
13. Yakubovich, A. I., Kukharenek, G. M., Tarasenko, V. E. (2014) *Sistemy okhlazhdeniya dvigateley traktorov i avtomobiley. Issledovaniya, parametry i pokazateli: monografiya* [Cooling systems for tractor and automobile engines. Research, parameters and indicators]. Minsk: Belarusian National Technical University, 300 p.
14. Sivashankari, P. et al (2019) Modeling of automotive radiator by varying structure of fin and coolant. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8 (2), pp. 2139–2146. (In Engl.).
15. With Separation Of A Moisture On High Pressure // KORUS 2000: Proc. Of the 4th Korea-Russia-Intern. Simp. On Science Technology. – Ulsan, Korea: UU, 2000. – Vol. 3. Machine Parts and Materials Processing, pp. 196–200.
16. Pankaj, C. J. (2019) Design and analysis of heat exchanger by using computational fluid dynamics. In *Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies*. Academic Press, pp. 159–176.

Информация об авторах:

Александр Павлович Пославский, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
e-mail: aposlavsky@mail.ru

Владимир Владимирович Сорокин, кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия
ORCID ID: 0000-0002-2212-0981, **Researcher ID:** D-9517-2014
e-mail: bbc1979@rambler.ru

Артем Александрович Фадеев, руководитель конструкторско-технологического отдела, ООО «Технология», Оренбург, Россия
email: aafadeev86@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 23.10.2020; принята в печать: 02.08.2021.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Alexander Pavlovich Poslavsky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
e-mail: aposlavsky@mail.ru

Vladimir Vladimirovich Sorokin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
ORCID ID: 0000-0002-2212-0981, **Researcher ID:** D-9517-2014
e-mail: bbc1979@rambler.ru

Artem Aleksandrovich Fadeev, Head of the Design and Technological Department, Technology LLC, Orenburg, Russia
e-mail: aafadeev86@mail.ru

The paper was submitted: 23.10.2021.

Accepted for publication: 02.08.2021.

The authors have read and approved the final manuscript.