

УДК 66.045.126-1



DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60

Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора MT3-80

Отари Назирович Дидманидзе¹, академик РАН доктор технических наук, профессор кафедры, e-mail: didmanidze@rgau-msha.ru; Рамиль Тагирович Хакимов², доктор технических наук, доцент кафедры;

Екатерина Петровна Парлюк¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры; **Николай Александрович Большаков¹**, аспирант

Реферат. Мировые производители автомобилей стремятся повысить количество выпускаемой продукции, снизить ее себестоимость и трудоемкость изготовления. Выбор направлений исследований, конструкторско-технологических разработок в радиаторостроении представляет собой чрезвычайно важную и актуальную задачу, обусловленную с одной стороны массовостью производства радиаторов для тракторов и автомобилей, с другой – благоприятными перспективами развития этих взаимосвязанных отраслей. (Цель исследования) Обосновать теоретически и экспериментально использование на автомобилях и тракторах комбинированной системы охлаждения, содержащей как алюминиевые, так и полимерные водяные радиаторы и аналогично жидкостно-масляные теплообменники, созданные на основе системы параметров для комплексной оценки автотракторных теплообменников. (Материалы и методы) Выполнили стендовые испытания с использованием специальной аэродинамической трубы для исследования тепловых и аэродинамических характеристик опытного образца тракторного радиатора с полиуретановой сердцевиной. Определили после достижении установившегося режима работы установки опытные величины по контрольно-измерительным приборам. (Результаты и обсуждение) Провели измерения всех параметров обоих теплоносителей последовательно на каждом установившемся режиме работы стенда. Получили зависимости основных показателей (приведенная теплоотдача, аэродинамическое и гидравлическое сопротивления) работы теплообменника, приближенные к условиям эксплуатации транспортных средств. (Выводы) Опытный образец радиатора МТЗ-80 с полиуретановой сердцевиной имеет большие перспективы в качестве альтернативного радиатора будущего. Повышение теплоотдачи радиатора на 10-15 процентов возможно при помощи использования алюминиевого оребрения на поверхности полиуретановой пластины. Снижение гидродинамического сопротивления на 15-20 процентов достигается за счет увеличения диаметра пропускной способности капилляров в полиуретановой пластине и количества самих пластин в соте радиатора.

Ключевые слова: радиаторостроение, полимерный теплообменник, алюминиевый радиатор, аэродинамическая труба, электротермометр, полиуретановый радиатор.

■ Для цитирования: Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Парлюк Е.П., Большаков Н.А. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. N1. C. 55-60. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

Test Results of a Polymer Radiator of MTZ-80 Tractor Cooling System

Otari N. Didmanidze¹,

Member of the Russian Academy of Sciences, Dr.Sc.(Eng.), professor of the department e-mail: didmanidze@rgau-msha.ru;

Ramil T. Khakimov²,

Dr.Sc.(Eng.), associate professor of the department;

Ekaterina P. Parlyuk¹, Ph.D.(Econ.), associate professor of the department; Nikolai A. Bolshakov¹, post-graduate student

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation;

¹Российский государственный аграрный университет – MCXA им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация;

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Saint Petersburg State Agrarian University, Saint Petersburg, Russian Federation

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Abstract. Global car manufacturers wish to increase the number of manufactured products, reduce their cost and labor input. The choice of research areas, design and technological developments in radiator construction is an extremely important and urgent task, due to the mass production of radiators for tractors and automobiles on the one hand, and the favorable development prospects of these interrelated industries, on the other. (Research purpose) To substantiate theoretically and experimentally the use of a combined cooling system containing both aluminum and polymeric water radiators and similarly liquid-oil heat exchangers based on the four principles listed above on automobiles and tractors. (Materials and methods) The authors performed bench tests using a special wind tunnel to study the thermal and aerodynamic characteristics of a prototype tractor radiator with a polyurethane core. After reaching the steady-state operating mode of the installation, the experimental values were determined for the control and measuring instruments. (Results and discussion) The authors carried out measurements of all parameters of both coolants in series at each steady-state operating mode of the bench. They obtained the main indicators dependences (reduced heat transfer, aerodynamic and hydraulic drag) of the heat exchanger, close to the operating conditions of the vehicles. (Conclusions) A prototype MTZ-80 radiator with a polyurethane core has great prospects as a future alternative radiator. An increase by 10-15 percent in the radiator heat transfer is possible by using aluminum fins on the surface of the polyurethane plate. A 15-20 percent reduction in hydrodynamic resistance is achieved by increasing the diameter of the capillary throughput in a polyurethane plate and the number of plates themselves in the radiator cell.

Keywords: radiator engineering, polymer heat exchanger, aluminum radiator, wind tunnel, electrothermometer, polyurethane radiator.

■ For citation: Didmanidze O.N., Khakimov R.T., Parlyuk E.P., Bol'shakov N.A. Rezul'taty ispytaniy polimernogo radiatora sistemy okhlazhdeniya traktora MTZ-80 [Test results of a polymer radiator of MTZ-80 tractor cooling system]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 55-60 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-1-55-60.

В современном мире автопроизводители стремятся увеличить выпуск автомобилей повышенной производительности, снизить их себестоимость и трудоемкость изготовления, технически перевооружить автомобильный парк в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и в сельском хозяйстве.

Поэтому выбор направлений исследований, конструкторско-технологических разработок в радиаторестроении представляет собой чрезвычайно важную и актуальную задачу, обусловленную с одной стороны массовостью производства радиаторов для тракторов и автомобилей, с другой — благоприятными перспективами развития этих взаимосвязанных отраслей.

Проблема внедрения алюминиевых теплообменников автотракторного назначения в народном хозяйстве может быть комплексно решена лишь на основе диалектической взаимосвязи показателей всего их жизненного цикла, т.е. производства (конструкции и технологии) эксплуатации и ремонта (рис. 1). Эта система параметров для комплексной оценки автотракторных теплообменников взаимосвязана и взаимообусловлена [1].

Применяемый материал охлаждающей сердцевины определяет конструкцию, конструкция и материал – технологию изготовления, эксплуатационные показатели и ремонт. В качестве подхода к системному решению проблемы отображения динамики дальнейшего развития радиаторостроения в стране и отраслевой научно-исследовательской лаборатории теплообменных аппаратов (ОНИЛТА) имени В.В. Буркова сформулированы четыре основных принципа создания перспективных теплообменников по четырем эле-

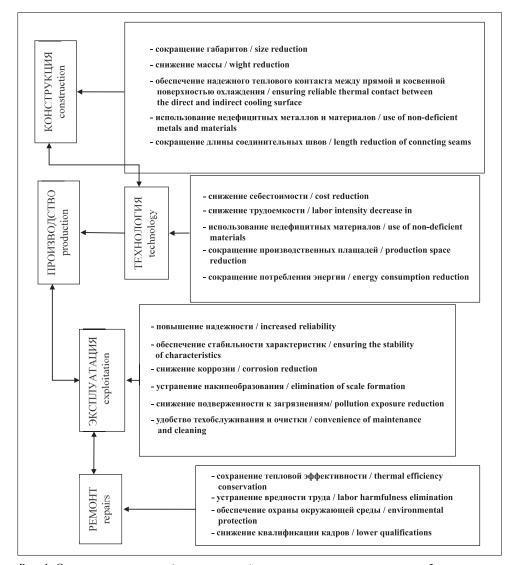
ментам их жизненного цикла. Этим принципам полностью соответствуют конструкции сборных полимерных теплообменников, разрабатываемые ОНИЛТА Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ) при содействии холдинга по производству комплектующих изделий автотракторной техники ООО «ЛУЗАР» [2].

Разработка и внедрение новых конструкций алюминиевых теплообменников в настоящее время невозможны без глубоких научных обоснований, которые в нашем случае связаны с обеспечением высоких температурно-динамических качеств автомобилей. Напомним, что температурно-динамические качества выражают зависимость температурного режима функциональных систем агрегатов, узлов и даже деталей автомобилей и тракторов от воздействующих на них внешних факторов: дорожных, атмосферно-климатических, нагрузки и режимов движения [3, 4]. Теория температурно-динамических качеств тракторов и автомобилей в течение продолжительного времени развивается трудами В.В. Буркова, Г.А. Курмашева, М.Е. Иовлева, Л.А. Фролова, А.Л. Евдокименко и других.

Успешное проведение в ОНИЛАР ЛСХИ работ по созданию алюминиевых сборных радиаторов для автомобилей и тракторов, функционально-стоимостный анализ, выполненный на основе результатов сравнительных испытаний четырех типов алюминиевых радиаторов, представляющих принципиально различные направления дальнейшего развития алюминиевых радиаторов в нашей стране, позволил сформулировать основные принципы создания перспективных алюминиевых радиаторов (теплообменни-

NEW MACHINERY AND TECHOLOGIES





Puc. 1. Система параметров для комплексной оценки автотракторных теплообменников Fig. 1. Parameter system for a comprehensive assessment of automotive tractor heat exchangers

ков), наиболее полно отвечающих всем требованиям четырех этапов жизненного цикла теплообменников ($puc.\ I$), то есть конструкции, технологии производства, эксплуатации и ремонта.

Суть этих основных принципов сводится к следующему:

П1 – алюминиевая сборная конструкция из отдельных унифицированных элементов (секций) с высокоэффективными поверхностями охлаждения в виде ребристых или многоканальных пластин, а в ряде случаев – и ребристых труб.

П2 – автоматизированные и высокопроизводительные операции пластического деформирования и резания для производства типоразмерных рядов унифицированных охлаждающих элементов.

ПЗ — обеспечение высокой надежности и экономичности эксплуатации разных типов машин в различных климатических условиях. Обязательное использование специальных всесезонных охлаждающих жидкостей (типа тосол). Дифференцированный

подход к проблеме коррозии, широкое использование автоматизированных устройств ингибиторной защиты.

П4 — принципиальная перестройка системы ремонта теплообменников в основном на базе простой замены, а не восстановление имеющих низкую стоимость дефектных деталей (унифицированных секций и их уплотнителей). Должна обеспечиваться простота разборки и сборки теплообменников для ремонта и очистки.

Цель исследования — обосновать теоретическое и экспериментальное использование на автомобилях и тракторах комбинированной системы охлаждения, содержащей как алюминиевые, так и полимерные водяные радиаторы и аналогично жидкостно-масляные теплообменники, созданные на перечисленных выше четырех принципах.

Материалы и методы.

Исследования тепловых и аэродинамических характеристик опытного об-

разца тракторного радиатора с полиуретановой сердцевиной были основаны на стендовых испытаниях с использованием специальной аэродинамической трубы лаборатории ООО «Научно-производственное объединение (ТАЛИС)» [5].

Методика исследований соответствовала обычно используемой для подобных целей и заключалась в следующем. После приготовления лабораторной установки к действию и нагревания воды в жидкостной системе до заданной температуры (согласно специальной инструкции по эксплуатации установки), включаются в работу рабочий контур циркуляции жидкого теплоносителя через испытуемый радиатор, а также вентилятор аэродинамической трубы [6]. По достижении установившегося режима работы установки при определенных расходах воды и воздуха, когда в течении 10-15 мин не происходит изменения рабочих параметров теплоносителей, приступают к определению опытных величин по контрольно-измерительным приборам.

Результаты и обсуждение. Обработку полученных опытных данных проводили в следующей последовательности:

Средние температуры воздуха в различных сечениях аэродинамической трубы определяли как среднеарифметические отдельно для электрических и ртутных термометров по следующей формуле:

$$\bar{t}_L = \frac{\sum_{i=n}^{i=0} t_{Li}}{n}.$$

 $ar{t}_L = rac{\sum_{i=n}^{i=0} t_{Li}}{n}.$ При этом основными являлись электрические, а ртутные – выполняли назначение контрольных. Исключение из указанного составляло измерение средней температуры воздуха за радиатором, так как тип используемого электротермометра обеспечивает непосредственное измерение средней температуры в этом сечении.

Средняя температура воздуха в радиаторе:

$$\bar{t}_L = \frac{\bar{t}_L' + \bar{t}_L''}{2}$$

Средняя температура воды в радиаторе:

$$\bar{t}_w = \frac{\bar{t}_w' + \bar{t}_w''}{2}.$$

Полное давление воздуха за радиатором:

$$P^{\prime\prime}=B-H_{CT}^{\prime\prime}.$$

Аэродинамическое сопротивление радиатора:

$$\Delta P_L = H_{CT}^{\prime\prime} - \Delta h,$$

где: Δh – аэродинамическое сопротивление начального участка аэродинамической трубы от места ввода трубок отбора статистического давления до радиатора (определяются по специальному графику).

Плотность воздуха на входе в радиатор:

$$\gamma_L = 1,293 \frac{273}{273 - \bar{t}_L'} \cdot \frac{13,6 \cdot B}{10332}.$$

Действительный динамический напор воздуха в месте измерения его расхода:

$$Hg = K_m \cdot \Pi \cdot hg$$
,

где: $K_{\rm m}$ – коэффициент угла наклона трубки микроманометра; Π – поправка на изменение плотности спирта, залитого в микроманометр, при данной температуре помещения $t_{\rm L}$ (определяется по специальной таблице).

Средняя скорость движения воздуха в месте измерения его расхода:

$$v_L' = \varphi_{v_l} \sqrt{\frac{2g}{\gamma_L'} Hg},$$

где: φ_{Vl} – коэффициент скоростного поля в месте измерения расхода воздуха (определяется по специальному графику).

Средняя массовая скорость воздуха в месте измерения расхода:

$$\gamma V_L' = \gamma_L' \cdot V_L'$$
..

Весовой расход воздуха:

$$G_L = 3600 \gamma'_L \cdot V'_L$$
..

Количество тепла, отданное жидкостью в радиаторе:

$$Q_w = C_{p_w} \cdot \gamma_w \cdot V_{w_r} \cdot \Delta t_w,$$

где: C_{Pw} – средняя весовая теплоемкость воды при $\overline{t}_{\mathrm{w}}$ и $\overline{P}_{\rm w}$, определяемая по таблицам, $\overline{\gamma}_{\rm w}$ – средняя плотность воды при \overline{t}_{w} и \overline{P}_{w} , определяемая по таблицам [7].

На каждом установившемся режиме работы стенда последовательно проводят измерения всех параметров обоих теплоносителей, после чего стенд переводят на новый стационарный режим работы. Здесь возможны два варианта:

- при постоянном расходе воздуха через радиатор изменяется расход воды;
- при постоянном расходе воды через радиатор изменяется расход воздуха.

Описанная методика является в ОНИЛТА общей для исследования радиаторов как в большой, так и в малой аэродинамической трубе [3].

Стендовые испытания опытного образца радиатора МТЗ-80 с полиуретановой сердцевиной проводили в ООО «Научно-производственное объединение «ТАЛИС» в соответствии с ГОСТ Р 53832-2010.

Основные технические характеристики опытного образца полиуретанового радиатора МТЗ-80 представлены в *таблице 1* [8].



Рис. 2. Стендовые испытания опытного образца радиатора МТЗ-80 с полиуретановой сердцевиной

Fig. 2. Bench tests of a prototype MTZ-80 radiator with a polyurethane core

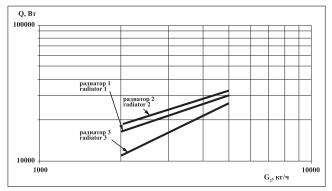


Рис. 3. Приведенная теплоотдача

Fig. 3. The fetched heat transfer

По результатам экспериментальных исследований опытного образца радиатора получили зависимости основных показателей (приведенная теплоотдача, аэродинамическое и гидравлическое сопротивления) работы теплообменника, приближенные к условиям эксплуатации транспортных средств (рис. 3-5).

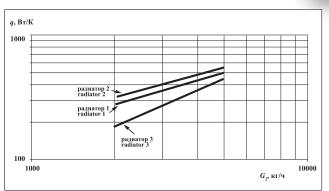
Сравнительные характеристики испытуемого

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

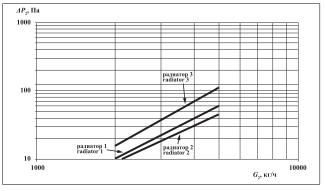
NEW MACHINERY AND TECHOLOGIES



Таблица 1	Table 1					
TEXHUYECKUE ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE RESEARCH OBJECT						
Модель радиатора № 28/3-19 Radiator Model 28 / 3-19	Радиатор МТЗ-80 на основе полиурета- новой сердцевины MTZ-80 radiator based on a polyurethane core					
Завод-изготовитель Manufacturing plant	ОНИЛТА им. В.В. Буркова ФГБОУ ВО СПбГАУ V.V. Burdakov Industrial Research Laboratory of Heat Exchangers FSBEI HE Saint-Petersburg State Agrarian University					
Применение радиатора Radiator application	система охлаждения cooling system					
Количество ходов жидкости The number of strokes of the liquid	одноходовой one way					
Длина сердцевины радиатора, мм Radiator core length, mm	430					
Ширина сердцевины радиатора, мм Radiator core width, mm	545					
Глубина сердцевины радиатора, мм Radiator core depth, mm	87					
Расположение трубок Tube layout	коридорное corridor					
Сечение трубок Tube section	плоскоовальное flat oval					
Количество трубок, шт. Number of tubes, pcs	58×19					



Puc. 4. Приведенная теплоотдача к 1 К Fig. 4. The fetched heat transfer to 1 K



Puc. 5. Аэродинамическое сопротивление Fig. 5. Aerodynamic resistance

Таблица 2							Table 2		
Сравнительные характеристики исследуемых радиаторов Сомрагатive characteristics of the researched radiators									
Данные о радиаторах Radiator data		Используемые материалы Materials used		Результаты испытаний Test results					
Маркировка производителя Мапиfacturer marking	Macca, Kr Weight kg	Пластина Ріате	Трубка Tube	Объемный расход воды, м³/ч Volumetric flow rate, m³/h	Гидравлическое сопротивление, Па Hydraulic resistance, Ра	Массовый расход воздуха, кг/ч Mass air flow, kg/h	Приведенная теплоотдача, Вт/К Reduced heat transfer, W/K		
ОНИЛТА им. В.В. Буркова ФГБОУ ВО СП6ГАУ V.V.Burdakov Industrial Research Laboratory Of Heat Exchangers FSBEI HE SPbSAU	8,45	полиуретан polyurethane	полиуретан polyurethane	5,5	38982	5000	458		
LUZAR LRc 0680	12,15	алюминий aluminum	алюминий aluminum	5,5	37104	5000	541		
Медно-латунный радиатор 70У.1301.010 Copper-brass radiator	15,44	медь copper	латунь brass	5,5	34057	5000	508		

радиатора с аналоговыми представлены в таблице 2.

Выводы. В результате проведенных исследований опытного образца радиатора в сравнении с аналоговыми образцами известных производителей можно сделать следующее заключение.

Опытный образец радиатора МТЗ-80 с полиуретановой сердцевиной имеет большие перспективы в качестве альтернативного радиатора будущего.

Повышение теплоотдачи радиатора на 10-15% можно получить при помощи комплексного подхода использования алюминиевого оребрения на поверхности полиуретановой пластины. Снижение гидродинамического сопротивления на 15-20% возможно за счет увеличения диаметра пропускной способности капилляров в полиуретановой пластине и количества самих пластин в соте радиатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Дидманидзе О.Н., Яременко Н.И., Смирнов С.А. Обеспечение эффективного функционирования рынка картофеля в условиях Москвы и московской области. М.: ООО Триада. 2004. 96 с.
- 2. Иванов В.В., Седов А.В., Николаев А.П., Миронов Д.А. Определение зависимости затрат на запасные части тракторов семейства МТЗ от сроков эксплуатации // Пермский аграрный вестник. 2018. N4(24). С. 4-9.
- 3. Дзюба Е.Ю., Хакимов Р.Т. Анализ средств оценки конструкции и работ по алюминиевым радиаторам, проводимых в лаборатории «ОНИЛТА» // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. N25-1. С. 99-101.
- 4. Хакимов Р.Т. Модель корреляции выбросов вредных веществ автомобиля с использованием динамометрического тестирования. Технико-технологические проблемы серви-

- ca. 2012. N2(20). C. 15-19.
- 5. Khakimov R.T., Didmanidze O.N. Improving the supply system gas engine to improve energy efficiency. Transportation Research Procedia. 2017. 183 c.
- 6. Семешин А.Л., Мокрецов Н.А. Технологии ремонта радиаторов системы охлаждения ДВС в современных условиях // *Труды ГОСНИТИ*. 2015. Т. 119. С. 157-161.
- 7. Дидманидзе О.Н., Гузалов А.С., Большаков Н.А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. N4. C. 52-59.
- 8. Дидманидзе О.Н., Солнцев А.А., Пуляев Н.Н. и др. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Росинформагротех. 2017. 564 с.

REFERENCES

- 1. Didmanidze O.N., Yaremenko N.I., Smirnov S.A. Obespechenie effektivnogo funktsionirovaniya rynka kartofelya v usloviyakh Moskvy i moskovskoy oblasti [Ensuring the effective functioning of the potato market in the conditions of Moscow and the Moscow region]. Moscow: OOO Triada. 2004. 96 (In Russian).
- 2. Ivanov V.V., Sedov A.V., Nikolaev A.P., Mironov D.A. Opredelenie zavisimosti zatrat na zapasnye chasti traktorov semeystva MTZ ot srokov ekspluatatsii [Determining the cost dependence of spare parts for tractors of the MTZ family on the life cycle]. *Permskiy agrarnyy vestnik*. 2018. N4(24). 4-9 (In Russian).
- 3. Dzyuba E.Yu., Khakimov R.T. Analiz sredstv otsenki konstruktsii i rabot po alyuminievym radiatoram, provodimykh v laboratorii «ONILTA». [Analysis of design assessment tools and work on aluminum radiators carried out in the ONILTA laboratory]. *Izvestiya Mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya*. 2015. N25-1. 99-101 (In Russian).
- 4. Khakimov R.T. Model' korrelyatsii vybrosov vrednykh veshchestv avtomobilya s ispol'zovaniem dinamometricheskogo testirovaniya. [Model of correlation of car emissions using dyna-

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 03.02.2020 The paper was submitted to the Editorial Office on 03.02.2020

- mometric testing]. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa*. 2012. N2(20). 15-19 (In Russian).
- 5. Khakimov R.T., Didmanidze O.N. Improving the supply system gas engine to improve energy efficiency. Transportation Research Procedia. 2017. 183.
- 6. Semeshin A.L., Mokretsov N.A. Tekhnologii remonta radiatorov sistemy okhlazhdeniya DVS v sovremennykh usloviyakh [Technologies for radiators repair of the internal combustion engine cooling system in modern conditions]. *Trudy GOSNITI*. 2015. Vol. 119. 157-161 (In Russian).
- 7. Didmanidze O.N., Guzalov A.S., Bol'shakov N.A. Sovremennyy uroven' razvitiya dvigateley s gazomotornoy i elektricheskoy silovoy ustanovkami na transportno-tyagovykh sredstvakh [The current development level of engines with gas and electric power plants on transport and traction means]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal*. 2019. N4. 52-59 (In Russian).
- 8. Didmanidze O.N., Solntsev A.A., Pulyaev N.N. et al. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley [Technical operation of cars]. Moscow: Rosinformagrotekh. 2017. 564 (In Russian).

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья принята к публикации 25.02.2020 The paper was accepted for publication on 25.02.2020