

ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЁТА АВТОТРАКТОРНОГО РАДИАТОРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**О. Н. Дидманидзе, С. М. Гайдар,
Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков**
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В данной статье обобщается составная часть процесса конструкторского проектирования альтернативных радиаторов системы охлаждения для автотракторных двигателей. Выявлен переход от задач «моделирование – анализ – изменение параметров и структуры» к решению задач обеспечения теплового режима радиатора как к задачам структурного и параметрического синтеза, когда в качестве результата представлены значения параметров и характеристики системы охлаждения и конструкции, позволяющие обеспечить заданный тепловой режим для улучшения теплового баланса газового двигателя трактора МТЗ-82. В основе нового радиатора заложена облегченная сердцевина с полиуретановыми пластинами с двенадцатью сквозными капиллярами для циркуляции охлаждающей жидкости в процессе теплообмена.*

***Ключевые слова:** Система охлаждения; радиатор с полиуретановой сердцевиной; тепловой баланс; охлаждающая матрица.*

SUBSTANTIATION OF CALCULATION OF AUTOMOTIVE RADIATOR OF COOLING SYSTEM USING POLYMER MATERIALS

O. N. Didmanidze, S. M. Gaidar, E. P. Parliuk, N. A. Bol'shakov
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** This article summarizes an integral part of the design process of alternative cooling system radiators for automotive engines. The transition from the problems of "modeling - analysis - changing the parameters and structure" to the solution of the problems of ensuring the thermal regime of the radiator as to the problems of structural and parametric synthesis is revealed, when as a*

result the values of the parameters and characteristics of the cooling system and the structure are presented, which make it possible to provide a given heat lance mode to improve the thermal balance of the gas engine of the MTZ-82 tractor. The new radiator is based on a lightweight core with polyurethane plates with twelve through capillaries for circulating coolant during heat exchange.

Keywords: *Cooling system; radiator with polyurethane core; thermal balance; cooling matrix.*

Обязательной составной частью процесса конструкторского проектирования альтернативных радиаторов системы охлаждения для автотракторных двигателей является тепловое проектирование, направленное на решение вопросов обеспечения нормального теплового режима и выполняемое на различных этапах разработки. Тепловой режим радиатора оценивается с помощью различных тепловых характеристик, базирующихся на анализе температурных полей конструкций [1]. Задачи обеспечения нормального теплового режима радиатора решаются путем проведения многократного анализа необходимых тепловых характеристик и изменения соответствующих параметров и режимов функционирования выбранной системы охлаждения, конструкции и, если требуется, схемы устройства. Такой традиционный подход характеризуется итерационностью, достаточно большими временными затратами.

Перспективным подходом здесь является переход от задач «моделирование – анализ – изменение параметров и структуры» к решению задач обеспечения теплового режима радиатора как к задачам структурного и параметрического синтеза, когда в качестве результата получаем значения параметров и характеристики системы охлаждения и конструкции, позволяющие обеспечить заданный (нормальный) тепловой режим. Дальнейшим шагом в повышении эффективности теплового проектирования является переход к задачам оптимизации с использованием специальных тепловых критериев, направленных на получение оптимальных тепловых характеристик полиуретанового материала для радиатора [2]. Поэтому наиболее эффективным является организация, построение и осуществление процесса оптимального многоэтапного теплового проектирования радиаторов системы охлаждения автотракторных двигателей, охватывающего все этапы разработ-

ки конструкций, что требует создания и формирования комплекса методов и средств его реализации и поддержки.

Таким образом, актуальность темы определяется важностью и необходимостью разработки и практической реализации соответствующих моделей, алгоритмов и методик прогнозирования, оценки, обеспечения и оптимизации тепловых характеристик, применимых на различных этапах проектирования конструкций радиатора с полиуретановой сердцевиной.

На сегодняшний день известен ряд работ [3], посвященных поиску и реализации методов и способов проектирования теплообменного материала для систем охлаждения автотракторных двигателей. Их авторами являются отечественные и зарубежные специалисты ведущих институтов и организаций, в т. ч. Куликов Ю. А., Третьяков А. П., Панов Н. И., Луков Н. М., Розенблит Г. Б., Ткаля В. С., Горин В. И., Перминов В. А., Гайворонский Б. Г., Ситников Е. А., Петухов Б. С., Михеев М. А., Михеева И. М., Кутателадзе С. С., Егунов П. М., Свизяев В. П., Туров Л. С., Слободенюк А. С. и др. Некоторые из предложенных ими методов могут быть применены для оценки расчетов системы охлаждения быстроходных дизелей, однако для предлагаемого радиатора с полиуретановой сердцевиной необходимо ввести учёт специфики тепловозных условий, что говорит о необходимости их проработанности.

Преобразование теплоты в работу в цилиндре двигателя внутреннего сгорания согласно второму началу термодинамики связано с отводом в окружающую среду части теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. Последняя отводится как с выхлопными газами, так и с охлаждающей жидкостью, которая воспринимает теплоту от ограждений камеры сгорания (днища поршня, огневой поверхности крышки цилиндра, втулки цилиндра и пр.). Условия организации отвода теплоты от ограждений камеры сгорания в значительной степени определяют температурный уровень деталей цилиндропоршневой группы [3].

Под условиями организации отвода теплоты в данном исследовании принимаются как физические факторы передачи теплоты от газов ограждениям камеры сгорания и от нагретых деталей охлаждающей среде, так и конструктивные факторы, определяющие направленность и плотность тепловых потоков в деталях

ЦПГ. Ограждения камеры сгорания воспринимают теплоту от газов, образующихся при сгорании топлива как за счет конвективного, так и лучистого теплообмена [4].

В рассматриваемой замкнутой одноконтурной системе охлаждения быстроходных двигателей в качестве теплорассеивающего материала, с помощью которого теплоту воспринятую системой охлаждения, отводит в окружающую среду (воздух), применяют полиуретан. Радиатор с полиуретановой сердцевиной состоит из верхнего и нижнего резервуаров, соединенных между собой охлаждающей решеткой [5].



Материал основных
элементов радиатора:
ПОЛИУРЕТАН

Рисунок 1 – Тракторный радиатор МТЗ-80 системы охлаждения двигателя с полиуретановой сердцевиной

Охлаждающая матрица трубчатого радиатора (рисунок) состоит из круглых или овальных трубок, к которым припаяны тонкие горизонтальные пластины (ребра), выполненные из теплопроводного материала. Наличие ребер повышает эффект теплообмена и жесткость конструкции. В этих радиаторах охлаждаемая жидкость движется по трубкам, а в межтрубном оребренном пространстве движется охлаждающий воздух.

При этом трубки расположены в коридорном порядке. Из характеристик двигателя известны температуры охлаждаемой воды $t_{\text{охл}}$ и воздуха $t_{\text{окр}}$. Известны коэффициенты теплоотдачи от

охлаждаемой воды $a_{\text{охл}}$ трубкам и коэффициенты теплоотдачи от внешних поверхностей труб воздуху $a_{\text{т}}$ и от пластин воздуху $a_{\text{р}}$. Величины этих коэффициентов неизменны вдоль теплоотдающих поверхностей. Соответственно толщина трубки равна $\delta_{\text{т}}$, теплопроводность ее материала $\lambda_{\text{т}}$. Аналогично пластина имеет толщину $\delta_{\text{р}}$ и теплопроводность $\lambda_{\text{р}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на тягово-транспортных средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.

2. Афанасьев А. С., Хакимов Р. Т., Печурин А. А. Температурно-динамические испытания систем кондиционирования кабин автотранспортной техники // В сб.: Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. С. 266-271.

3. Гузалов А. С., Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н. Повышение эффективности работы трактора путём совершенствования работы двигателя // В сб.: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона. 2020. С. 318-321.

4. Пути совершенствования охлаждающих систем при использовании метана в газомоторных двигателях / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // В сб.: Доклады ТСХА 2019. С. 7-10.

5. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bol'shakov N. A. Sovremennyyi uroven' razvitiia dvigatelei s gazomotornoi i elektricheskoi silovoi ustanovkami na tiagovo-transportnykh sredstvakh [The current level of development of engines with gas engine and electric power plants on traction vehicles]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 4, pp. 52-59.

2. Afanas'ev A. S., Khakimov R. T., Pechurin A. A. Temperaturno-dinamicheskie ispytaniia sistem konditsionirovaniia kabin avtotransportnoi tekhniki [Temperature-dynamic tests of air conditioning systems for cabins of

motor vehicles]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Obespechenie kompleksnoi bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti naseleniia*. Sankt-Peterburgskii universitet Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MChS Ros-sii, 2017, pp. 266-271.

3. Guzalov A. S., Didmanidze O. N., Devianin S. N. Povyshenie effektivnosti raboty traktora putem sovershenstvovaniia raboty dvigatel'ia [Improving tractor efficiency by improving engine performance]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posviashchennoi 160-letiiu V.A. Mikhel'sona*, 2020, pp. 318-321.

4. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parliuk E. P., Bol'shakov N. A. Puti sovershenstvovaniia okhlazhdaiushchikh sistem pri ispol'zovanii metana v gazomotornykh dvigateliakh [Ways to improve cooling systems when using methane in gas engine engines]. *Doklady TSKhA 2019*, pp. 7-10.

5. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkikh Yu. S. Perspektivnye napravleniia razvitiia tiagovo-transportnykh sredstv dlia sel'skogo khoziaistva [Perspective directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*. 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Большаков Николай Александрович, аспирант кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federa-

tion, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, techmash@rgau-msha.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Nikolay A. Bolshakov, post-graduate student of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).