

На правах рукописи



004605730

МАНУЙЛОВ Вячеслав Сергеевич

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАДИАТОРОВ
ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКОЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

24 ИЮН 2010

Оренбург 2010

На правах рукописи

МАНУЙЛОВ Вячеслав Сергеевич

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАДИАТОРОВ
ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКОЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Пославский Александр Павлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Султанов Наиль Закиевич;

доктор технических наук
Барышов Сергей Николаевич

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский автомобильно – дорожный институт (государственный технический университет)»

Защита диссертации состоится 01 июля 2010 г. в 10⁰⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.181.02 при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, ауд. 6205.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»

Автореферат разослан 31 мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



В.И. Рассоха

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Эффективность работы автотранспортных средств (АТС), оснащенных двигателями внутреннего сгорания (ДВС), во многом определяется техническим состоянием узлов системы охлаждения, обеспечивающей поддержание заданного теплового режима эксплуатации двигателя.

Одним из наиболее теплонагруженных узлов системы является радиатор, загрязнения внутренних и наружных теплопередающих поверхностей которого приводят к перегреву двигателя, потере мощности, увеличению расхода топлива (в среднем на 5-6%), возникновению детонации, повышенному угару масла. Перегрев двигателя ведет к повышенному износу элементов цилиндро-поршневой группы и к преждевременному выходу двигателя из строя.

Единственным диагностическим параметром, который косвенно отражает влияние большого числа эксплуатационных факторов на тепловой режим ДВС и может быть замерен в процессе движения автомобиля, является температура охлаждающей жидкости на входе в радиатор и выходе из него.

Визуальная оценка состояния рабочих поверхностей радиатора не позволяет производить количественную оценку загрязнений и степень их влияния на выходные параметры. Особую сложность представляет контроль состояния внутренних теплопередающих поверхностей ввиду сложности их формы и недоступности для визуального наблюдения. Общеизвестные методы контроля и рекомендации поддержания работоспособности системы охлаждения относятся к 70 - 80 годам прошлого столетия и не отвечают изменившимся условиям эксплуатации в связи с переводом систем охлаждения ДВС на работу с антифризами и новыми конструкциями радиаторов.

Учитывая изложенное, исследование, направленное на разработку методов, средств и алгоритмов диагностирования, необходимых для обеспечения объективной количественной оценки технического состояния радиаторов при техническом обслуживании и ремонте, является актуальной.

Работа выполнена в рамках государственной НИР № ГР 01.2.00.316.422 «Исследование и разработка энергоресурсосберегающих, экологически чистых технологий на этапах проектирования, производства, эксплуатации и утилизации транспортных и технологических машин и оборудования» ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет».

Цель работы – повышение эффективности эксплуатации ДВС на основе совершенствования процесса диагностирования радиаторов.

Объект исследования – процесс теплообмена радиатора при эксплуатации автомобиля.

Предмет исследования – закономерности изменения теплоотдачи радиаторов при эксплуатации автомобилей.

Задачи исследования:

- обосновать граничные значения критерия работоспособности радиатора автомобиля в условиях эксплуатации и разработать метод количественной оценки его рабочих характеристик;

- разработать комплекс аппаратно-программных средств технологического и информационного обеспечения диагностирования радиаторов;
- разработать математическую модель рабочего процесса радиатора в условиях эксплуатационных загрязнений;
- произвести экспериментальные исследования с целью проверки адекватности теоретических положений.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- 1) разработан метод диагностирования радиаторов, заключающийся в воздействии на радиатор тепловой нагрузкой, и измерении теплоотдачи при достижении баланса теплообменного процесса;
- 2) создан комплекс средств технологического и информационного обеспечения диагностирования радиаторов, включающий средства для моделирования тепловой нагрузки, регистрации, обработки и хранения полученных значений параметров технического состояния радиаторов;
- 3) получена математическая модель теплоотдачи радиатора, отражающая особенности его функционирования в условиях эксплуатационных загрязнений;
- 4) разработана методика прогнозирования технического состояния радиаторов по наработке для построения научно обоснованной стратегии поддержания их работоспособности.

Практическая значимость работы. Полученные новые научные положения, разработанный диагностический комплекс оборудования и аппаратно-программные средства могут быть использованы для совершенствования системы технического обслуживания и ремонта радиаторов.

Реализация работы. Результаты работы используются в учебном и исследовательском процессах ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет» при подготовке инженеров по специальностям 190601 и 190603; в процессе выполнения контроля теплоотдачи автомобильных радиаторов в ООО «Оренбургская промышленная лаборатория»; планируются к использованию при выполнении технического обслуживания и ремонта в ООО «Оренбургский автоцентр «КАМАЗ».

Апробация работы. Результаты работы обсуждались и получили одобрение на следующих конференциях: 5-й международной научно-практической конференции (НПК) «Автомобиль и техносфера» (Казань, 2007); международной НТК «Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин» (Тюмень, 2007); международной НПК «Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования» (Иркутск, 2007); 8-й и 9-й Российских НТК «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (Оренбург, 2008, 2009 гг.).

Публикации. Основные положения и результаты диссертации опубликованы в 11 работах, в числе которых 4 - в изданиях, входящих в «Перечень...» ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти основных разделов, общих выводов и списка использованных источников из 144 наименований, изложена на 168 страницах, включая 32 рисунка и 12 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и изложена общая характеристика диссертационной работы.

В первом разделе произведен анализ состояния вопроса, определены цель, объект, предмет и задачи исследования. Определен интегральный критерий работоспособности радиатора и предельные значения критерия. Приведен анализ влияния эксплуатационных факторов на показатели надежности системы охлаждения и основные характеристики радиаторов системы охлаждения ДВС. Представлен обзор методов и средств диагностирования радиаторов.

Изменение теплоотдачи, как интегрального выходного параметра, характеризующего работоспособность радиатора, зависит от величины общего термического сопротивления, создаваемого эксплуатационными загрязнениями как с внешней, так и с внутренней сторон. Интенсивность этих изменений различна и зависит от множества эксплуатационных факторов. Широкое использование антифриза как охлаждающей жидкости делает работу системы охлаждения ДВС более надежной, но не снимает проблему загрязнения поверхностей радиаторов, а только увеличивает интервал их безотказной работы. Причем вероятность безотказной работы увеличивается только для внутренней поверхности радиатора. В настоящее время существуют противоречивые мнения об интенсивности загрязнений поверхностей радиаторов в зависимости от многочисленных эксплуатационных факторов.

На практике проведение технического обслуживания элементов системы охлаждения ДВС носит бессистемный, эпизодический характер. Это свидетельствует об отсутствии научно обоснованной стратегии, поддержания работоспособности системы охлаждения ДВС в целом и радиатора в частности.

Восстановление рабочих характеристик достигается очисткой поверхностей охлаждения. Характер загрязнений и интенсивность их образования зависят от множества факторов в конкретных условиях эксплуатации. Общим итогом совокупного процесса загрязнения является снижение теплоотдачи радиатора, когда различного рода отложения забивают достаточно узкие каналы плоскоовальных трубок и наружного оребрения. При этом снижение теплоотдачи радиатора происходит не только из-за дополнительного термического сопротивления слоя загрязнений, а также вследствие нарушения режима течения потоков охлаждающего воздуха и жидкости по каналам из-за увеличения аэро- и гидравлического сопротивления.

Контроль загрязнения наружных рабочих поверхностей может осуществляться визуально только на фронтальной поверхности, так как внутри каналов такая оценка затруднена. Визуальная оценка загрязнений на внутренней поверхности радиатора затруднительна, а контроль результативности процесса

очистки производится только по диагностическим признакам в процессе эксплуатации.

Таким образом, изучение закономерностей изменения рабочих характеристик радиатора с использованием методов диагностирования необходимо для совершенствования системы технического обслуживания и ремонта, направленной на обеспечение и поддержание работоспособности радиаторов.

Во втором разделе «Теоретические основы диагностирования радиаторов моделируемой тепловой нагрузкой» представлено теоретическое обоснование граничных значений критерия предельного состояния рабочих характеристик радиаторов и метода количественной оценки их работоспособности. Разработаны теоретические основы информационного и аппаратного обеспечения диагностического комплекса. Методом активного эксперимента получена математическая модель рабочего процесса теплопередачи радиатора. Разработана методика прогнозирования технического состояния радиатора по наработке для построения научно обоснованной стратегии поддержания работоспособности.

Рабочими характеристиками радиаторов систем охлаждения ДВС являются: 1) теплоотдача радиатора Q , Вт; 2) аэродинамическое сопротивление воздушному потоку Δp_L , Па; 3) гидравлическое сопротивление потоку охлаждающей жидкости $\Delta p_{гв}$, Па. Наиболее важной выходной рабочей характеристикой радиатора в эксплуатации является теплоотдача $Q_{пр}$, определяемая по формуле:

$$Q_{пр} = k_r F \bar{\Delta}t_{гор}, \quad (1)$$

где k_r – текущее значение коэффициента теплопередачи, Вт/(м²·°С); F – площадь теплообмена, м²; $\bar{\Delta}t_{гор}$ – среднелогарифмический температурный напор, °С.

Из формулы (1), видно что количество передаваемой радиатором теплоты при неизменной поверхности охлаждения и узком интервале значений температурного напора в основном зависит от коэффициента теплопередачи k_r .

В условиях эксплуатации происходит снижение величины коэффициента теплопередачи из-за накопления на рабочих поверхностях различных загрязнений и дефектов в структуре конструкционных материалов. Загрязнения в виде отложений, образующиеся на поверхностях радиаторов имеют низкую теплопроводность и высокое термическое сопротивление.

Изменение теплоотдачи вследствие эксплуатационных загрязнений оценивается известным коэффициентом чистоты η_c из соотношения:

$$\eta_c = k_r / k_0 = R_0 / R_r, \quad (2)$$

где k_0 – коэффициент теплопередачи чистой поверхности, Вт/(м²·°С); $R_0; R_r$ – соответственно термическое сопротивление на начальном этапе эксплуатации и с наработкой τ , м²·°С/Вт.

По закономерности изменения коэффициента чистоты η_c определяется теплоотдача $Q_{пр}$ радиатора через заданную наработку:

$$Q_{pr} = \eta_v Q_{p0}, \quad (3)$$

где Q_{p0} - теплоотдача радиатора на начальном этапе эксплуатации.

Убывание потенциала работоспособности q_{pr} от наработки τ можно описать следующим дифференциальным уравнением:

$$dq_{pr} / d\tau = f[\tau, k_r(R_r)]. \quad (4)$$

На рис. 1 представлена графическая интерпретация стохастического процесса загрязнения и очистки радиатора в эксплуатации.

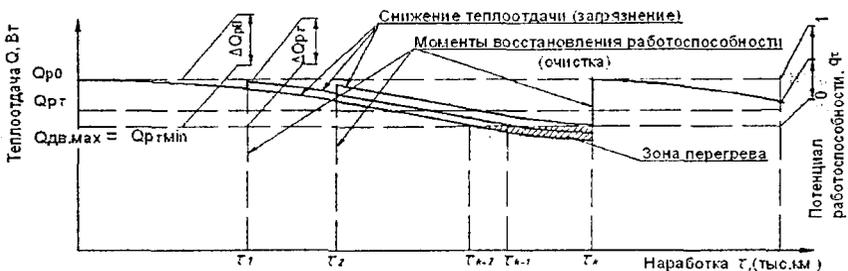


Рис. 1 – Графическая интерпретация процесса загрязнения и очистки радиатора в эксплуатации: Q_{p0} , Q_{pr} - исходное и текущее значение теплоотдачи радиатора, Вт; $Q_{дв,мах}$ - максимальное значение теплоотдачи двигателя, Вт; ΔQ_{p0} , ΔQ_{pr} - резерв теплоотдачи радиатора нового и с наработкой, Вт; τ_i – наработка радиатора до соответствующего воздействия, тыс. км

В основу выбора критерия работоспособного состояния радиатора положены известные из теории ДВС оптимальные значения теплоотдачи радиатора при совместной работе с ДВС.

Количество теплоты, отводимой двигателем в режиме максимальной нагрузки в охлаждающую жидкость, и значение мощности двигателя $N_{е, макс}$ связаны коэффициентом α , отражающим соотношение теплоты, передаваемой охлаждающей жидкости, к теплоте, превращаемой в полезную работу. Значения этого коэффициента колеблются в широком диапазоне ($\alpha = 0,8...1,4$ для карбюраторных двигателей и $\alpha = 0,45...0,9$ для дизелей). Из этого следует, что работоспособное состояние радиатора – это интервал между нижним граничным значением теплоотдачи радиатора $Q_{p, мин}$, которое должно соответствовать максимальному значению теплоотдачи двигателя $Q_{дв, макс}$, и верхним значением теплоотдачи $Q_{p, макс}$ для нового (эталонного) радиатора. Причем при диагностике радиатора следует учитывать коэффициент реализации потенциальных свойств радиатора в подкапотном пространстве автомобиля $\chi_{кан}$.

С учетом изложенного, предложено условие:

$$Q_p^{min} \geq Q_{де}^{max} \quad \text{или} \quad Q_p^{min} \geq \left(\frac{632 a_{max} \cdot N_{e max}}{\chi_{кан}} \right). \quad (5)$$

Термическое сопротивление после наработки радиатора τ в конкретных условиях эксплуатации определяется по известной зависимости:

$$R_\tau = R_{\tau max} \cdot (1 - e^{-B\tau}), \quad (6)$$

где $R_{\tau max}$ - максимальное термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; B - константа интенсивности общего загрязнения, определяемая экспериментально для реальных условий эксплуатации.

Определение частных термических сопротивлений, формирующих значение коэффициента B , позволяет определить константу интенсивности процесса загрязнения:

$$B = \left(\ln \left[1 / \left(1 - \frac{R_\tau}{R_{\tau max}} \right) \right] \right) / \tau. \quad (7)$$

Определение коэффициента B дает возможность прогнозной оценки наработки радиатора до предельного состояния, при котором необходимо производить соответствующие профилактические воздействия:

$$\tau = \left(\ln \left[1 / \left(1 - \frac{R\tau}{R_{\tau max}} \right) \right] \right) / B. \quad (8)$$

В эксплуатации текущие значения теплоотдачи радиатора Q_τ , текущее значение коэффициента теплопередачи k_τ , текущего термического сопротивления R_τ и коэффициента чистоты поверхности η_τ определяют экспериментально.

Теоретическое обоснование метода количественной оценки состояния рабочих поверхностей радиатора базируется на имитационном моделировании тепловой нагрузки радиатора в соответствии с различными режимами его совместной работы с ДВС.

Для определения численных значений коэффициентов на этапе эксплуатации предложен экспериментальный метод, сущность которого заключается в моделировании тепловой нагрузки радиатора, включенного как элемент тепловой нагрузки в замкнутый термосифонный контур, источником формирования теплового импульса в котором служит электродный парогенератор. Это позволяет регистрировать изменение значения теплоотдачи радиатора в процессе его теплообмена с окружающей средой. При этом на внутренней поверхности радиатора создается изотермическое температурное поле.

Данный метод диагностирования радиатора имеет принципиальное отличие от ранее известных методов в том, что в качестве теплоносителя используется насыщенный пар (а не вода, как в известных методах). Это дает возможность

регистрировать значение теплоотдачи радиатора при установившемся тепловом балансе в системе «радиатор - электродный парогенератор».

Принцип диагностирования радиаторов построен на свойстве электродной системы изменять выходную мощность P_z в зависимости от степени погружения электродов в двухфазную жидкостно-паровую рабочую среду.

Изменение значений теплового потока на временном интервале регистрации можно выразить функционалом:

$$Q_{pr} = P_z = f(\tau, k_r, \Delta t). \quad (9)$$

При $\Delta t = const$ устанавливается состояние баланса тепломассообменного процесса в неизменных условиях движения охлаждающей среды. Используя формулу (1) можно определить: текущие значения коэффициентов теплопередачи k_r ; термического сопротивления R_r и коэффициента интенсивности загрязнения B и интервал τ безотказной работы радиатора. Определение теплоотдачи нового (чистого) радиатора $Q_{до}$ осуществляется аналогично. Таким образом, экспериментальное определение общего термического сопротивления чистого R_0 и загрязненного радиатора R_r позволяет устанавливать закономерность изменения теплоотдачи в конкретных условиях эксплуатации.

Для сокращения продолжительности и стоимости исследовательских работ по определению закономерности изменения теплоотдачи радиатора в условиях эксплуатационных загрязнений использован метод имитационного моделирования.

Исходя из возможных причин нарушения работоспособности радиатора в реальных условиях эксплуатации, первоначально принята модель для пяти факторов: изменения аэродинамического сопротивления вследствие загрязнения фронта радиатора крупноструктурными загрязнителями (X_1); изменения гидравлического сопротивления вследствие загрязнения трубной доски радиатора различными отложениями (X_2); изменения теплопроводности стенки вследствие нарастания с внешней стороны мелкоструктурных загрязнителей (X_3); изменения теплопроводности стенки вследствие нарастания с внутренней стороны различных отложений (X_4); изменения аэродинамического сопротивления вследствие деформации входных каналов радиатора при механических повреждениях (X_5). При априорном ранжировании последние два из перечисленных факторов были отнесены к шумовому полю и исключены из эксперимента.

Предлагаемая математическая модель рабочего процесса радиатора имеет вид:

$$\bar{Q}_r = 640,1 - 23,4X_1 - 32,0X_2 - 1,6X_3. \quad (10)$$

В третьем разделе представлены общие и частные методики проведения экспериментальных исследований, дано описание экспериментального оборудования для реализации метода количественной оценки рабочих характеристик радиаторов на этапе их эксплуатации.

Для реализации поставленной задачи количественной оценки теплоотдачи радиаторов, прогнозирования технического состояния радиатора по наработке и построения научно обоснованной стратегии поддержания работоспособности был создан стенд, схема которого представлена на рис. 2. Главными особенностями данного стенда являются: 1) использование электродного парогенератора для создания моделируемой тепловой нагрузки при диагностировании радиаторов; 2) радиатор диагностируется в горизонтальном положении, что исключает необходимость использования вентилятора; 3) осуществляется компенсация температурного напора изменением уровня установки расширительной емкости.

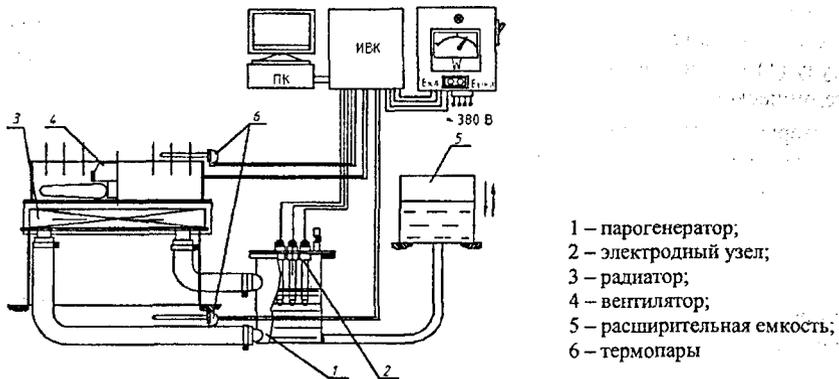


Рис. 2 – Схема стенда для диагностирования рабочих характеристик радиаторов

Для обеспечения точности измерений и наглядности представления измеряемых параметров в процессе теплообмена радиатора разработан измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) и специализированное программное обеспечение «Power monitor». На рис. 3 представлена термограмма диагностирования радиатора ВА3-2110. Теплоотдача радиатора в условиях естественной конвекции с учетом теплотерь на поверхностях конструкции элементов стенда (200 Вт) составляет 785 Вт. На рис. 4 представлена структурная схема ИВК диагностического стенда.

Для реализации метода имитационного и физического моделирования процесса загрязнения радиатора на модельный радиатор оказывалось воздействие средствами, создающими дополнительное термическое сопротивление.

Моделирование мелкоструктурных загрязнений поверхностей радиаторов производилось нанесением на поверхность радиатора дорожно-почвенной пыли и последующим получением заданного уровня загрязнений (5 г/м^2) с использованием замкнутого аэродинамического контура. При этом подбирались оптимальные условия по времени продолжительности продувки τ , и частоте вращения ω , мин^{-1} вентилятора.

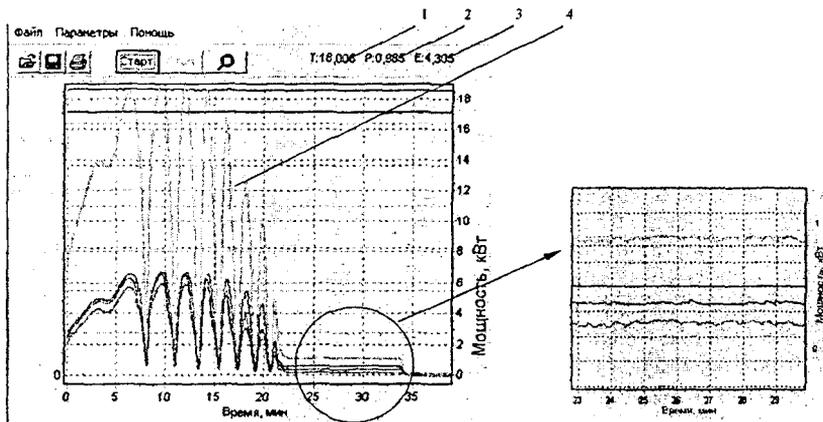


Рис. 3 – Термограмма тестирования радиатора на диагностическом стенде: 1 - температура воздуха в помещении, °С; 2, 4 – суммарная мощность (тепловой поток), кВт; 3 - количество энергии в процессе диагностирования, кВт-ч

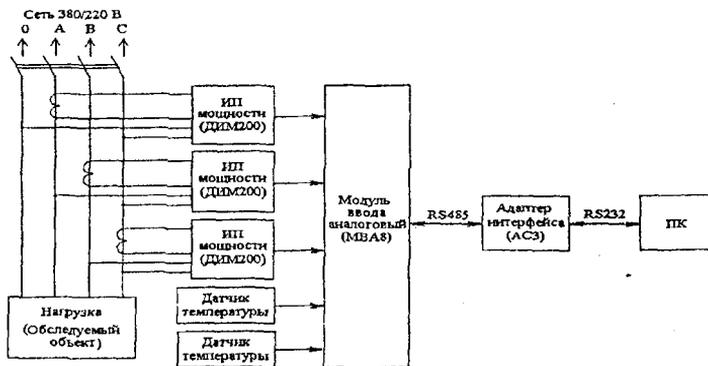


Рис. 4 – Структурная схема ИВК диагностического стенда

Измерение удельных значений загрязнения производилось весовым методом до и после промывки радиатора и сбора сухого остатка на фильтровальной ткани.

Моделирование крупноструктурных загрязнений осуществлялось созданием дополнительного сопротивления потоку охлаждающего воздуха за счет экранирования фронтальной площади поверхности радиатора.

Засорение входных каналов охлаждающих трубок моделировалось путем установки заглушек через специальные технологические отверстия в бачке радиатора.

В четвертом разделе представлены результаты экспериментальных исследований.

Обоснованы и разработаны требования к структуре и эксплуатационным качествам диагностического стенда определения технического состояния радиаторов.

В связи с необходимостью оценки точности при измерении теплового потока радиатора на разработанном стенде, проведена оценка погрешности измерения случайной величины мощности (теплового потока) по выборке из 52 результатов многократных измерений, взятых на произвольном участке термограммы. Относительная погрешность при измерении теплового потока радиатора на разработанном стенде не превышает 0,38%.

Выявлена закономерность засорения крупноструктурным загрязнителем (насекомыми и пр.) в реальных условиях эксплуатации на маршруте Оренбург – Бузулук для трубчато-ленточного радиатора (рис. 5), которая имеет вид:

$$X_1 = 0,994e^{-0,0038\tau} \quad (11)$$

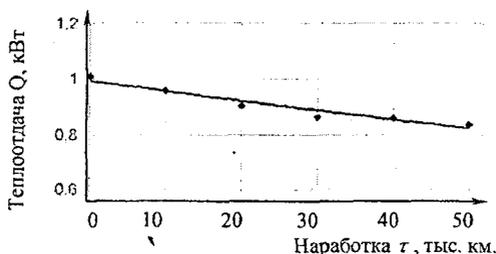


Рис. 5 - График зависимости теплоотдачи от наработки радиатора при наличии крупноструктурных эксплуатационных загрязнений

Для проведения активного эксперимента были определены оптимальные условия получения заданного уровня запыленности наружной поверхности радиатора дорожно-почвенной пылью. Зависимости удельной массы дорожно-почвенной пыли, находящейся на поверхности радиатора, от времени продувки радиатора в замкнутом контуре характеризуют динамический процесс удаления пыли с наружной поверхности радиатора и оседания нового слоя на той же поверхности (рис. 6).

Запыленность определялась как частное от деления массы осевшей пыли на площадь поверхности охлаждения радиатора по воздуху.

По мере уменьшения скорости воздуха (за счет изменения частоты вращения вентилятора) происходит соответствующее снижение времени стабилизации слоя отложений и сопутствующее ему увеличение относительной массы осевшей на поверхности пыли.

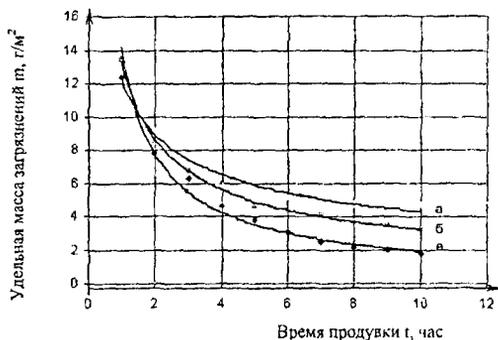


Рис. 6 - График зависимости удельной массы загрязнения дорожно-почвенной пылью от времени продувки фронта радиатора при частоте вращения вентилятора: а) 500 мин⁻¹; б) 1000 мин⁻¹; в) 1500 мин⁻¹

Так, при снижении частоты вращения вентилятора в камере от 1500 до 500 мин⁻¹ относительная масса осевшей пыли увеличивается более, чем в 2 раза.

С увеличением скорости продувания фронта радиатора динамическое равновесие между процессами оседания пыли и разрушения осевшего слоя наступает при меньшей толщине слоя отложений.

Исходя из требований обеспечения условий проведения калориметрических измерений в стационарных условиях были исследованы:

а) температурное поле поверхностей тестируемых радиаторов;

б) зависимость изменения коэффициента теплопередачи k от изменения температурного напора.

Неравномерность температурного поля оценивалась оптическим термосканером Thermo imager MOD Ray T130XXEU/9 в координатах X, Y относительно геометрического центра радиатора. Неравномерность температурного поля для нового радиатора с учетом погрешности прибора составила $\pm(1,3...1,7)^\circ\text{C}$, у радиатора с эксплуатационными загрязнениями - $\pm(2,75...3,0)^\circ\text{C}$.

Изменение температуры теплоносителя (воздуха) влияет на теплоотдачу радиатора, и при проведении экспериментальных работ необходимо обеспечивать стабилизацию температурного режима, что весьма затруднительно в производственных условиях, так как это связано с усложнением и удорожанием оборудования, а так же дополнительными энергозатратами.

Получена зависимость изменения коэффициента теплопередачи k , Вт/(м²·°C) в условиях изменения температуры воздуха помещения лаборатории (уменьшение на 3°С, и увеличение на 6°С) в течение восьмичасовой рабочей смены (рис. 7):

$$k = f(\Delta t) = 2,5e^{-0,04\Delta t}. \quad (12)$$

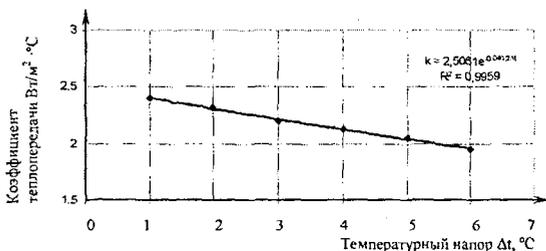


Рис. 7 – График зависимости коэффициента теплоотдачи k радиатора от температурного напора Δt

Из анализа зависимости следует, что изменение температуры воздуха на 1°C приводит к погрешности измерения на 3,3%, что потребовало разработки специального метода компенсации температурных колебаний посредством изменения давления насыщенного пара в системе. Данный эффект достигнут за счет изменения положения расширительной емкости.

В пятом разделе представлены расчеты экономической эффективности использования разработки.

Экономические преимущества при использовании разработанного стенда взамен известных вариантов испытательных стендов научно-исследовательских центров, для отработки оптимальных вариантов конструкций радиаторов и оценки их работоспособности в эксплуатационных условиях, отражены в таблице.

Сравнительная характеристика стендов для диагностирования радиаторов

Показатели	Стенд С 147.00.000	Разработанный стенд
1. Стоимость стенда, тыс.руб.	2000	340
2. Продолжительность испытаний радиатора, ч	4,5	0,5
3. Установленная электрическая мощность стенда, кВт	300	25
4. Удельные затраты энергии на диагностирование одного радиатора, кВт-ч	580	4,5
5. Расход воды на диагностирование одного радиатора, м ³	3,0	0,02
6. Площадь, занимаемая стендом, м ²	120	9

При внедрении разработанного диагностического стенда на участке по ремонту радиаторов с производственной программой 1200 радиаторов в год при затратах на приобретение стенда 110 тыс. руб (без ИВК) годовой экономический эффект составит 36,7 тыс. руб/год.

Основные результаты и выводы

1 Обоснованы граничные значения критерия работоспособности радиаторов с учетом различия тепловыделений при их работе в составе автомобиля, оснащенного дизельным или карбюраторным ДВС.

2 Разработан метод диагностирования радиаторов в процессе эксплуатации автомобилей, который позволяет определять численное значение теплоотдачи и остаточный ресурс потенциала работоспособности.

3 Для реализации данного метода создан комплекс аппаратно-программных средств технологического и информационного обеспечения, позволяющий автоматизировать процесс регистрации, обработки и хранения данных в процессе диагностирования и так же принимать обоснованные организационные решения по составу и содержанию операций технического обслуживания и ремонта.

4 Разработанная математическая модель рабочего процесса позволяет оценить интенсивность изменения потенциала работоспособности радиатора в зависимости от типа эксплуатационных загрязнений. Это дает возможность прогнозной оценки наступления предельного состояния радиаторов и построения научно обоснованной стратегии поддержания их работоспособности.

5 Диагностирование элементов системы охлаждения разработанным методом позволяет совершенствовать процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей, снизить их трудоемкость, энерго- и материалоемкость. При этом удельные энергозатраты на диагностирование одного радиатора составляют не более 4,5 кВт-ч, продолжительность диагностирования – не более 0,5 ч.

6 При капитальном ремонте автомобилей и его составных частей разработанный метод обеспечивает принятие обоснованного решения по назначению соответствующего метода очистки и необходимости включения операции разборки радиатора при его восстановлении.

Список публикаций по теме диссертации:

В изданиях из «Перечня...» ВАК:

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

2. Мануйлов, В.С. Метод диагностирования рабочих характеристик теплообменников / Л.А. Аверкиев, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов // НГТ - наука и техника транспорта. – 2007. – №4. – С. 62 – 66.

3. Мануйлов, В.С. Метод контроля рабочих характеристик радиаторов в эксплуатации / В.П. Алсин, Е.В. Бондаренко, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов, А.В. Хлуденев // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2008. – № 4 (15). – С. 7-12.

4. Мануйлов, В.С. Метод диагностирования рабочих характеристик теплообменников транспортных машин / Л.А. Аверкиев, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов, А.В. Хлуденев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 3. – С. 97 – 101.

В прочих изданиях:

1. Мануйлов, В.С. Разработка метода диагностирования теплоотдачи теплообменников на этапе их эксплуатации : материалы международной

научно-технической конференции «Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования» / В.П. Апсин, Е.В. Бондаренко, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов. – Иркутск: ИрГТУ, 2007. – С. 17-21.

2. Мануйлов, В.С. Анализ методов диагностирования теплоотдачи радиаторов систем охлаждения ДВС транспортных и технологических машин на этапе эксплуатации : материалы международной научно-технической конференции «Проблемы эксплуатации и обслуживания транспортно-технологических машин» / В.П. Апсин, Е.В. Бондаренко, А.П. Пославский, В.С. Мануйлов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2007. Часть 1. – С. 24-28.

3. Мануйлов, В.С. Анализ методов очистки рабочих поверхностей теплообменников транспортных машин : сборник докладов VIII Российской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» / В.С. Мануйлов, А.П. Пославский. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. – С. 213-220.

4. Мануйлов, В.С. Метод определения параметров конвективного теплообмена в рабочем процессе автотракторных теплообменников в условиях эксплуатации : сборник докладов VIII Российской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» / В.С. Мануйлов, А.П. Пославский, П.П. Зацепин, Т.В. Трошина. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. – С. 271-279.

5. Мануйлов, В.С. Сервисно-диагностический комплекс для обслуживания и ремонта автотракторных радиаторов : материалы V международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера» / В.С. Мануйлов, А.П. Пославский. – Казань: КГТУ, 2007. – электрон. опт. диск. (CD-ROM).

6. Мануйлов, В.С. Оценка погрешности измерения теплоотдачи автомобильных радиаторов при их диагностировании на специализированном стенде : сборник материалов IX Российской научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» / В.С. Мануйлов, А.П. Пославский, Л.Н. Третьяк. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – С. 27-32.

7. Пат. 86702 Российская Федерация, МПК F22B1/30. Устройство для измерения теплового потока / Мануйлов В.С., Пославский А.П. Хлуденев А.В.; заявитель и патентообладатель Пославский А.П. - № 2007142089/22; опубликовано 10.09.2009. - Бюл. № 25.

А

Подписано к печати 28.05.2010

Усл.-печ. Л 1,0

Тираж 100 экз. заказ № 177

Отпечатано с готового оригинал-макета 28.05.2010 г.

ООО "Печатный салон "ТиКс"

г. Оренбург ул. Шевченко, 24 оф. 208 тел: (3532) 58-10-25, 58-10-35