

научными учреждениями следует продолжить исследования по совершенствованию ходовых систем мобильных машин при движении на мокрой дороге.

#### Литература

1. К Бакфиш, Д. Хайнц., Новая книга о шинах, – М.:ООО «Издательство Астрель», 2003.–303 с.

УДК 621.431.7

### ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕПЛОНАПРЯЖЕННОСТИ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

*Занкевич В.А., к.ф.-м. н., доц., Тарасенко В.Е., к.т.н., доц.,  
Демидков С.В., к.т.н., доц. (БГАТУ), Ляшкевич В.В., мл.н.с. (БНТУ)*

Инфракрасные приемники излучения (тепловизоры) широко применяются для оценки работы и энергоэффективности некоторого оборудования в энергетике, нефтеперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности, при эксплуатации зданий и инженерных сетей по диагностике тепловых потерь. Измерения распределения температур по поверхности излучаемого объекта с помощью тепловизоров относятся к экспрессным методам [1–2]. Данный метод измерения температуры является бесконтактным. Он основан на связи спектральной энергетической светимости изучаемого тела с его температурой. В настоящее время выпускается большая гамма тепловизионных систем, предназначенных для различных целей и позволяющих измерять не только температуру изучаемого объекта, но и коэффициент теплового излучения.

Представляет интерес оценить возможность использования тепловизоров для получения дополнительной информации о работе двигателя при различных режимах его эксплуатации. Вопрос применения тепловизионных систем при изучении теплообмена в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) слабо освещен в литературе. Поэтому нашей задачей является проведение оценки возможности использования тепловизионных систем для получения данных о теплонапряженности деталей двигателя.

При работе двигателя теплота, поступающая к деталям цилиндрико-поршневой группы идет на нагрев его деталей, охлаждающей жидкости и масла. Составляющие этих теплот определяются экспериментально из теплового баланса, анализ которого для автотракторного ДВС различной мощности приводится многими авторами, например [3]. Математическое описание распределения температуры с помощью уравнений теплопроводности по поверхности дизеля связано с определенными трудностями. Вместе с тем на основании данных распределения температур по поверхности двигателя можно судить о работе его отдельных систем.

Термограмма распределения температуры по поверхности двигателя дает информацию о работе узлов системы, являющейся источником теплоты. Используя моделирование процесса теплопередачи и зная конструкцию двигателя можно оценить температуру данного узла. При этом важно определить предельно допустимые температуры узлов и связать их с термограммами распределения температур по поверхности двигателя. Сопоставляя термограммы, отнесенные к нормально работающим узлам, с термограммами узла, работающего на предельном температурном режиме, можно косвенно проводить экспрессную диагностику его работы. Данный метод наибольший интерес представляет для двигателей большой мощности, эксплуатируемых при температуре окружающей среды 30°C и выше, т.е. в условиях близких к предельно допустимому температурному режиму. При этом наибольший интерес представляют система охлаждения двигателя, система смазки, система очистки и подачи воздуха, включая радиатор охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ).

При рассмотрении жидкостной системы охлаждения (ЖСО) автотракторного двигателя интерес представляет поверхность блок-картера вблизи головки блока цилиндров, а также боковые поверхности радиатора ЖСО.

При отсутствии боковин сердцевины радиатора ЖСО появляется возможность определения распределения температур по межтрубным рядам.

Со стороны торца жидкостного радиатора можно определить распределение температур по первому ряду трубок, оценить качество соединения трубок с оребренными поверхностями, определить температуру внутренней поверхности трубок со стороны горячего теплоносителя на входе и выходе и т.д. Следует отметить, что данный радиатор относится к компактным поверхностным теплообменникам с перекрестным током. В основу конструкторского расчета данных теплообменников положены идеи Нуссельта, развитые в работах [4–6]. Методика и программы конструкторского и поверочного расчетов радиатора ЖСО приведены в [7–8], а экспериментальное определение коэффициентов теплоотдачи со стороны горячего  $\alpha_{V1}$  и холодного (воздуха) теплоносителей  $\alpha_{V2}$ , как правило, определяют на испытательном стенде в аэродинамической трубе. В принципе для первого ряда трубок радиатора ЖСО можно экспериментально определить коэффициент теплоотдачи со стороны холодного теплоносителя, используя данные тепловизора в сочетании с определением температуры теплоносителя на входе и выходе и определение скорости потока воздуха.

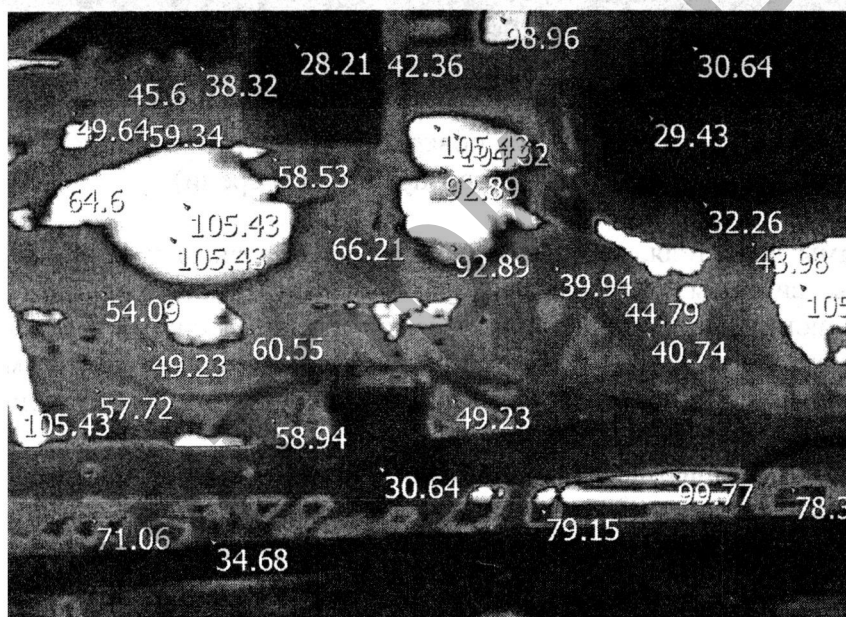


Рисунок 1 – Термограмма поверхности блок-картера дизеля Д-260.4 S2 (вид справа)

Данная работа нашла отражение в проведении комплекса замеров температуры поверхности автотракторного двигателя на примере нового перспективного трактора «БЕЛАРУС-2103» тягового класса 4,0. Замеры осуществлялись на базе испытательного центра «Трактор» РУП МТЗ с использованием тормозного стенда «HORIBA», а также ИК-системы «ИРТИС-200» с охлаждением фотоприемника жидким азотом.

На рис. 1 приведена термограмма распределения температуры на поверхности двигателя Д-260.4 S2. Температурные поля на поверхности блока радиаторов трактора «БЕЛАРУС-2103» отражены на рис. 2. Из рис. 1 следует, что наибольшие потери теплоты наблюдаются в районе головки блока цилиндров, а также области, прилегающей к турбокомпрессору. Рис. 2 позволяет отметить, что резкий перепад температуры воздушного теплоносителя в радиаторе (ОНВ) обусловлен конструктивным исполнением данного теплообменника. Распределение температуры по первому ряду данного теплообменника мы не наблюдаем по причине затемненности данной поверхности радиатором кондиционера.

Температура поверхности радиатора ОНВ со стороны подачи нагретого воздушного теплоносителя составляет 105 °С, а температура поверхности элементов, расположенных в области выхода теплоносителя 50°С. Режим работы двигателя номинальный.

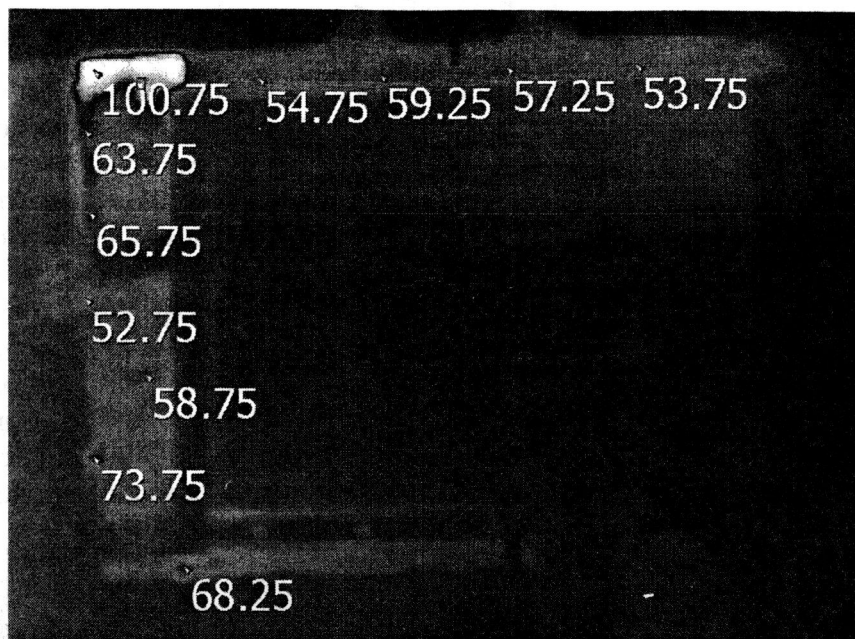


Рисунок 2 – Термограмма поверхности радиатора охлаждения наддувочного воздуха (вид спереди)

Термограммы двигателя, работающего в режиме близком к перегреву или имеющего дефектные узлы системы охлаждения, будут существенно отличаться от термограмм двигателя, работающего при стационарном температурном режиме в условиях постоянной температуры окружающей среды. Сопоставляя данные термограммы можно получить информацию о режиме работы двигателя и тепловом состоянии его основных агрегатов, т.е. осуществлять диагностику данного двигателя.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что измерение распределения температур по поверхности блок-картера двигателя с помощью тепловизора является перспективным методом диагностики работы двигателя. Данный метод дополняет известные контактные методы оценки теплового состояния двигателя с использованием контрольно-измерительной аппаратуры.

#### Литература

1. Приборы и средства диагностики электрооборудования и измерений в системах электроснабжения. Справочное пособие. Под редакцией В.И. Григорьева. – М.:Колос, 2006. – 272.
2. Драгун В.Л., Филатов С.А.Тепловизионные системы в исследованиях тепловых процессов. Под редакцией Солоухина Р.И. – Минск.:Наука и техника, 1989 г. – 174 с.
3. Тарасенко, В. Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / В. Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.
4. Керн Д., Краус А. Развитие поверхности теплообмена. – М.: Энергия, 1977. – 464 с.
5. Кэйс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 160 с.
6. Конвективный тепло- и массоперенос. Единое описание для течения в каналах и внешнего обтекания тел любой формы и расположения: пер. с нем. / В. Каст [и др.]. – М.: Энергия, 1980. – 49 с.

7. Двигатели внутреннего сгорания: теория рабочих процессов: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 1. – 479 с.

8. Двигатели внутреннего сгорания: динамика и конструирование: учеб. для вузов: в 3 кн. / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд., перераб. и испр. – М.: Высшая школа, 2007. – Кн. 3. – 414 с.

УДК 621.43

## К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

*Якубович А.И., д.т.н., доц., Тарасенко В.Е., к.т.н. (БГАТУ)*

### *Введение*

Системы охлаждения двигателей тракторов относятся к техническим устройствам, обеспечивающим безотказную работу тракторного агрегата в эксплуатации. Недооценка системы охлаждения в функционировании тракторного агрегата, даже незначительные упущения в проектировании приведут к значимым потерям в эксплуатации. Доработка и совершенствование системы потребует новых финансовых средств. Поэтому разработка и создание системы охлаждения должны выполняться на достаточном научном и техническом уровне с использованием современных методологий проектирования. Характерно, что в отличие от проектирования других агрегатов и систем трактора, проектирование систем охлаждения невозможно без научного сопровождения. Расчет систем охлаждения требует знаний фундаментальных законов термодинамики, теплотехники, а также современных методологий выбора и оптимизации параметров отдельных агрегатов и системы в целом в совокупности с базовыми агрегатами трактора.

Настоящая методология проектирования систем охлаждения в своей совокупности объединила многолетний опыт работы авторов по разработке систем охлаждения тракторов на Минском тракторном заводе и новые научные положения в этом направлении. Методология проектирования систем дополнена методами моделирования, оптимизации и обоснованного выбора отдельных компонентов и оценки системы в целом.

### *Основные положения системного проектирования контуров охлаждения*

Системный подход при проектировании систем охлаждения означает переход от создания системы для одной отдельно взятой модели трактора в узком диапазоне мощности к созданию систем для параметрического ряда тракторов в широком диапазоне мощности. Вполне очевидно, что критерием выбора и оптимизации системы охлаждения для отдельно взятого трактора является обеспечение экономии топлива при наименьших затратах на производство и эксплуатацию. Выбор систем охлаждения для параметрических рядов тракторов предполагает иные подходы к критериям выбора. Еще в 1824 г. Сади Карно в своей книге «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать силу тяги» указывал: «Экономия топлива – это лишь одно из условий, которые должны выполнять тепловые машины; при многих обстоятельствах оно второстепенно, оно часто должно уступать первенство надежности, прочности и долговечности машины, малому занимаемому месту, дешевизне ее установки и т. д.». Отсюда следует важность оценочных критериев выбора параметров характеристик систем охлаждения, конструктивных параметров компонентов систем при проектировании их для широкой гаммы моделей и модификаций. Это возможно при использовании методов системного проектирования, в основе которых приняты оптимальные критерии выбора характеристик и параметров [1, 2]. Экономический анализ и экономические критерии выбора компонентов системы являются преобладающими в системном подходе проектирования. В связи с созданием