

позволит оперативно, в любой период эксплуатации колёсных и гусеничных машин определить степень износа и остаточный ресурс фрикционных накладок, а также прогнозировать время их замены.

Литература

1. Сцепление транспортных и тяговых машин /И.Б. Барский [и.др.]. – М.: Машиностроение, 1989.

УДК 621.436-047. 43:621. 384.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Колпаков В.Е., к.т.н., доцент

*Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Введение

Анализ тепловых процессов позволяет получить разнообразную информацию, о состоянии объектов и протекании физических процессов в природе, технике, промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, медицине и пр. [1]. Идеи теплового контроля не новы, однако, последние технические разработки в области инфракрасного (ИК) приборостроения существенно расширили горизонты его применения, обеспечив возможность диагностики сложной техники. Это позволяет не только определять ее техническое состояние, но и прогнозировать надежность на основе информативных параметров динамической теплопередачи. С другой стороны, недостаточная изученность связи процессов работы машины с результирующим температурным рельефом на ее поверхности сдерживают внедрение этого метода в практику.

Реализация возможностей современных технических средств определения температурных параметров не может быть осуществлена без оценки характеристик тепловых полей и соответствующих им полей распределения температур на поверхности узлов машины, возникающих при ее работе на различных режимах.

Основная часть

Определенный практический интерес представляет применение ИК методов диагностики двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с использованием современных тепловизоров. Алгоритм инфракрасной диагностики представлен на рисунке 1.

Безразборный контроль технического состояния ДВС начинается с термографирования поверхности двигателя и распознавания агрегатов, узлов и нумерации цилиндров соответствующих конструкции его кон-

кретной модели. С помощью программ расчета и моделирования теплового состояния поверхностей агрегатов и технических характеристик диагностируемого двигателя, поступающих в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), производится расчет эталонного теплового поля и определение тепловых аномалий, характера их распределения с учетом температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха. Затем путем сравнения эталонного теплового поля с фактическим определяется неисправность и рекомендуемый способ ее устранения.



Рисунок 1 — Алгоритм инфракрасной диагностики ДВС

Как известно, тепловизор измеряет инфракрасное излучение в длинноволновом спектре в пределах поля обзора. Исходя из этого, осуществляется расчет температуры измеряемого объекта. Каждый пиксель детектора представляет собой инфракрасную точку, отображаемую на дисплее с помощью видеоэффекта «ложный цвет»[2].

Поскольку с помощью тепловизора можно измерять только температуру поверхностей; используя данный прибор невозможно заглянуть внутрь объекта или увидеть сквозь него. Поэтому, используя температуру поверхности объекта в качестве граничных условий можно определить температуру внутри объекта. В связи с тем, что температурный режим работы двигателя определяется цикловой подачей топлива, полнотой его сгорания и количеством теплоты отводимой вместе с отработавшими газами, исследование изменения энергии может дать информацию о техническом состоянии двигателя. С этой точки зрения наиболее информативным параметром, характеризующим состояние ДВС является температура выхлопных газов, а доступным узлом для измерения температуры – выпускной коллектор.

Зная температуру наружной стенки коллектора (граничные условия третьего рода), используя закон Ньютона-Рихмана (1), (3) и закон Фурье (2) [3] можно расчетным путем определить температуру выхлопных газов.

$$q_1 = \alpha_{\text{вг}}(T_{\text{с1}} - T_{\text{в}})(1) \quad q_2 = \frac{\lambda_k (T_{\text{с2}} - T_{\text{с1}})}{\delta} \quad (3)$$

$$q_3 = \alpha_{\text{в}}(T_{\text{вг}} - T_{\text{с2}}),$$

где q_1 – удельный тепловой поток от выхлопных газов к внутренней стенке выпускного коллектора, Вт/м²; q_2 – удельный тепловой поток через стенку коллектора, Вт/м²; q_3 – удельный тепловой поток от наружной стенки коллектора к воздуху, Вт/м²; $\alpha_{\text{вг}}$ – коэффициент теплопередачи выхлопных газов, Вт/К; $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплопередачи воздуха, Вт/К; λ_k – коэффициент теплопроводности материала выпускного коллектора, Вт/Км; δ – толщина стенки выпускного коллектора, м; $T_{\text{с1}}$ – температура наружной стенки выпускного коллектора, К; $T_{\text{с2}}$ – температура внутренней стенки коллектора, К; $T_{\text{в}}$ – температура наружного воздуха, К; $T_{\text{вг}}$ – температура выпускных газов, К.

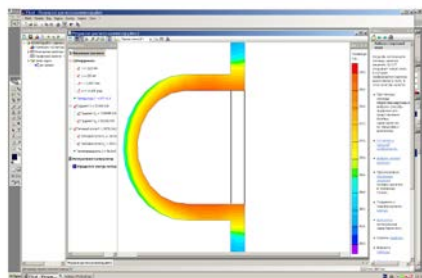


Рисунок 2 — Температурное поле поперечного разреза выпускного коллектора

При квазистационарном процессе $q_1 = q_2 = q_3$, тогда, решая совместно три уравнения, получим:

$$T_{\text{с2}} = \frac{\delta \alpha_{\text{в}} (T_{\text{с1}} - T_{\text{в}})}{\lambda_k} + T_{\text{с1}}; \quad T_{\text{вг}} = (T_{\text{с1}} - T_{\text{в}}) \left(\frac{1}{\alpha_{\text{вг}}} + \frac{\delta}{\lambda_k} \right) + T_{\text{с1}}.$$

Задав граничные условия, и решив теплофизическую задачу методом конечных элементов можно получить поле распределения температур (рисунок 2).

Очевидно, что проинтегрировав температурные поля n сечений при $n \rightarrow \infty$ можно получить решение в объемной постановке задачи.

Заключение

Разработка безразборного ИК метода определения технического состояния узлов и агрегатов ДВС позволит не только сократить время и трудоемкость поиска неисправностей, но и открывает широкие перспективы для обоснования эксплуатационно-технологических требований к тракторам сельскохозяйственного назначения.

Литература

1. Вавилов В. П., Александров. А. Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. — М.: НТФ "Энергопрогресс" 2003.
2. Госсорг Ж. Инфракрасная термография Основы. Техника. Применение. Мир, 1988.
3. Г.Б. Розенблит. Теплопередача в дизелях М.,Машиностроение 1977.