

9. Модели. Алгоритмы. Принятие решений. (сб. статей) М.: Наука, 1979. 250 с.
10. Тейлор, Джон. Введение в теорию ошибок. М.: Мир 1985. 272 с.
11. Галеев В.И. Экспертные методы // Стандарты и качество. 1994. №11, с.24,25.

УДК 631.3.004

ДИАГНОСТИКА ДВИГАТЕЛЕЙ ПО МОЩНОСТИ СВЕТОИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПТИМАЛЬНОГО СГОРАНИЯ ТОПЛИВА

Е.Г. Кочетков, Н.С. Шевяков, кандидаты технических наук

При неоптимальных условиях сгорания топлива в пристеночной области возможно существование значительного градиента температуры пламени, сопровождающееся повышенной концентрацией рассеивающих частиц (капельки несгоревшего топлива, например). Отражение в этом случае можно считать диффузным, полагая в соответствии с законом Ламберта [3].

$$A_R(r, \varphi) = \cos \alpha_1 = \frac{1}{R} \sqrt{R^2 - r \cdot \sin^2 \frac{\varphi}{1 + 3r/R}} \quad (9)$$

При зеркальном отражении согласно формуле (8) (далее продолжение предыдущей статьи [4]) имеем:

$$J_{\text{отр.зер.}} = \frac{\pi}{2R} \int_0^{\pi} \sin \varphi d\varphi \int_0^R \frac{I^{-x} \left[3\sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \xi} + r \cos \xi \right]}{\sqrt{R^2 - r^2 \sin^2 \xi}} \cdot r^2 dr, \quad (10)$$

где $\xi = \varphi / 1 + 3 \frac{r}{R}$.

Применяя теорему о среднем, и поскольку $\cos \varphi / 4$ в сравнении с $\sin \varphi$ изменяется в пределах от 0 до π незначитель-

но $\left(\frac{\sqrt{2}}{2} \leq \cos \frac{\varphi}{4} \leq 1 \right)$, величину $\cos \varphi/4$ также заменим «сред-

ним» значением $\cos \frac{\varphi}{4} = \frac{1 + \sqrt{2}}{2\sqrt{2}}$.

Поэтому в окончательном виде

$$J_{\text{отр.зер.}} = \frac{\pi R}{6} \left[l^{-3b} + \frac{2\sqrt{2}}{1 + \sqrt{2}} \cdot l^{-b\sqrt{2}(1 + \sqrt{2})} \right] \quad (11)$$

Аналогично для диффузного отражения на основании (8), (9) можно написать

$$J_{\text{отр.зер.}} \cong \frac{\pi R}{6} \left[l^{-3b} + l^{-b\sqrt{2}(1 + \sqrt{2})} \right] \quad (12)$$

В выражениях (11), (12) обозначено: $b = \chi R$.

После вычисления интеграла (8) с учётом соответствующих преобразований и введения корректировочного множителя 2, получим

$$J_{\text{отр.зер.}} = \frac{\pi R}{3} \left[l^{-3b} + \frac{2\sqrt{2}}{1 + \sqrt{2}} \cdot l^{-b\sqrt{2}(1 + \sqrt{2})} \right] \quad (13)$$

В общем случае

$$\chi = \chi_{\text{ол}} + \chi_{\text{с}}, \quad (14)$$

где $\chi_{\text{ол}}$ - коэффициент поглощения оптического излучения,

$\chi_{\text{с}}$ - коэффициент ослабления излучения вследствие рассеяния, который для случая сферических частиц диаметра d , при средней их концентрации N может быть оценён по формуле (см. [3])

$$\chi_{\text{с}} = \frac{\pi d^2}{2} N, k(\lambda) \quad (15)$$

Здесь $k(\lambda)$ - нормирующая функция, сложным образом зависящая от λ и размера частиц.

По данным [1], в случае устойчивого горения пламени в условиях близких к оптимальным, полосы и линии поглощения

оптического излучения отсутствуют. Поглощение излучения при этом обуславливается наличием сажистых частиц с размерами $d \gg \lambda$. Последнее обстоятельство показывает, что сопутствующее поглощению рассеяние приходится на рэлеевскую область и выражено слабо $k(\lambda) \ll 1$, что позволяет (при умеренных концентрациях частиц) пренебречь рассеянием вообще и принять

$$\chi \approx \chi_{0\lambda} = \text{const.}$$

Таким образом, в условиях оптимального режима работы двигателя можно считать

$$b = b_0 = \text{const.}$$

При нарушении рабочего процесса дизеля, например, из-за ухудшения условий сгорания, некачественного впрыскивания топлива и т.п. в пламени наряду с мельчайшими сажистыми частицами возможно присутствие достаточно крупных частиц (капелек) топлива, крупных (крекированных) частиц сажи и пр. Если предположить для простоты, что образующиеся крупные частицы имеют размер $d \leq 10\lambda$, то в дополнение к собственному поглощению (уровень собственного поглощения, разумеется, также изменится – возрастёт из-за наличия крекированных частичек сажи, но по-прежнему можно полагать, что $\chi_{0\lambda} = \text{const}$) необходимо учитывать ослабление излучения вследствие рассеяния на крупных частицах ($k(\lambda) \approx 1$). В таком случае можно принять (14), (15), что

$$b \equiv b_0 \frac{\pi d}{2} N \quad (16)$$

Поскольку в обоих случаях (назовём условно их: оптимальный и неоптимальный) $b = \text{const}$, то в зависимости от постулируемого характера отражения излучения на стенках камеры сгорания (зеркальное или диффузное), на основании (6) получим

$$\varphi = \frac{S_0 c}{8\pi R} \cdot (J + J_{\text{отр}}) \int_0^{\infty} W_{\lambda} \cdot d\lambda$$

С учётом [3]:

$$\int_0^{\infty} W_{\lambda} \cdot d\lambda = d_{\lambda T} \cdot \frac{4\sigma}{c} \cdot T^4,$$

где σ – постоянная Стефана-Больцмана, напишем

$$\varphi = \frac{S_0 (J + J_{\text{отр}})}{2\pi R} \cdot d_{\lambda T} \sigma T^4.$$

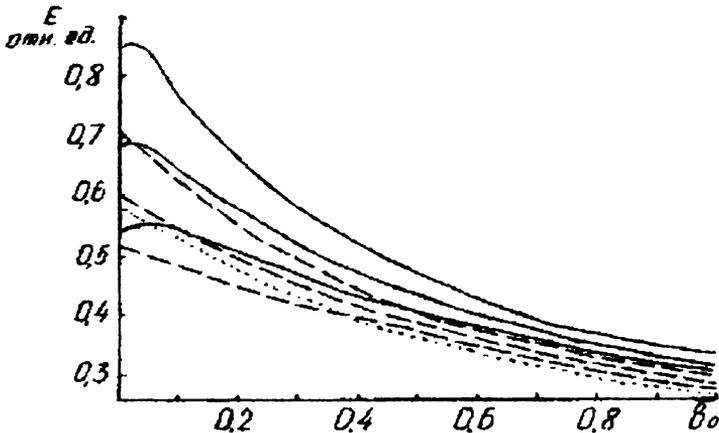
Формула (17) с использованием выражений (12), (13), (16) позволяет произвести расчёт мощности светового излучения, регистрируемого фотоприёмником, при различных режимах и условиях отражения на стенках камеры сгорания двигателя. Наиболее оптимальным условиям соответствует мощность $\varphi_{\text{опт.}}$, излучаемая при отсутствии потерь на поглощение и рассеяние при идеальном отражении на стенках камеры:

$$\varphi_{\text{опт.}} = \frac{S_0 \left(J^{(0)} + J^{(0)}_{\text{отр.зер.}} \right)}{2\pi R} \cdot d_{\lambda T} \sigma T^4. \quad (18)$$

Очевидно, что отношение $\frac{\varphi}{\varphi_{\text{опт.}}} = E = \frac{J + J_{\text{отр}}}{J^{(0)} + J^{(0)}_{\text{отр.зер.}}}$

можно рассматривать в качестве меры эффективности метода оптической диагностики в соответствующем режиме.

На рисунке приведены кривые зависимости этого показателя от нормированного коэффициента собственных оптических потерь пламени $b_0 = \chi_0 R$ при различных концентрациях N крупных частиц, обуславливающих рассеяние, рассчитанные на основании выражений (12), (13), (16) – (18). Видно, что различия в характере отражения на границе камеры сгорания приводят к заметному различию в показателе E и, следовательно, к возможности оптического диагностирования, связанных с этими различиями особенностей режима работы дизеля, если собственное поглощение излучения в объёме камеры сгорания достаточно мало. На фоне же значительного собственного поглощения или при больших размерах камеры сгорания влияние отражений снижается и эти различия сглаживаются. С ростом общих потерь, т.е. как с увеличением b_0 , так и N имеет место снижение показателя E , который как и следовало ожидать, при заданных b_0 , N наименьший в случае границы камеры, поглощающей излучение (это, например, имеет место при образовании копоти на стенках камеры): $J_{\text{отр.}} = 0$. Для случая диффузного отражения величина E имеет



Зависимости показателя E от $b_0 = \chi_0 R$ при различных концентрациях N : 1 – случай зеркального отражения (сплошная линия – $N=0$, штриховая линия – $N=5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$, пунктирная линия – $N=1 \cdot 10^9 \text{ м}^3$); 2 – случай диффузного отражения (сплошная линия – $N=0$, штриховая линия – $N=5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$); 3 – случай отсутствия отражения $N=0$ (поглощающая граница камеры, сплошная линия – $N=0$, штриховая линия – $N=5 \cdot 10^8 \text{ м}^3$). Параметр $\kappa d^2 R/2 = V_{\text{эфф}}$ – эффективный объем, принят равным $3 \cdot 10^{10} \text{ м}^3$.

промежуточное значение и наоборот, максимальное E , и соответственно наибольший выход энергии светонизлучения, происходит при идеальном отражении излучения.

Таким образом, характеристика мощности светонизлучения пламени может дать ценную информацию о протекании процесса горения в цилиндре двигателя. Измерение же этой мощности позволяет определять техническое состояние отдельных цилиндров и топливной аппаратуры без их разборки.

Литература

1. Белинский Л.М. Теплоизлучение в камере сгорания быстрого двигателя с воспламенением от сжатия. / Сб. науч. тр. НИИД/ - М.: Машгиз, 1955. – с. 83 – 111.
2. Соболев В.В. Перенос лучистой энергии в атмосферах звезд и планет. – М.: Гостехиздат, 1956. – 240с.

3. Матвеев А.И. Оптика – М.: Высшая школа, 1968. – 351с.
4. Кочетков Е.Г. Об использовании мощности светонизлучения с целью диагностики двигателей в случае оптимальных условий сгорания топлива, 2000.

УДК 621.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ

К.У. Сафаров, В.М. Холманов, кандидаты технических наук
М.М. Замальдинов, аспирант

Все известные способы очистки масел, несмотря на то, что в их основе лежат самые различные физические закономерности, могут быть разделены по принципу действия на две группы. К первой группе относятся все способы очистки масел в пористых средах, ко второй – в силовых полях [1].

Выбор метода очистки отработанных масел определяется характером содержащихся в них загрязнений, природой продуктов старения и требованиями, предъявляемыми к очистке масел, а также – количеством собираемых отработанных масел [2].

С целью выявления метода очистки были проведены исследования по определению изменения показателей качества масла.

Исследования проводились в условиях рядовой эксплуатации на 3 – х тракторах в учебно-опытном хозяйстве УГСХА. Тракторы имели различный срок наработки. Периодичность отбора проб составляла в среднем 1800...2000 кг израсходованного топлива. Из системы смазки каждого опытного двигателя регулярно отбирали пробы масла М-10Г₂к для анализа.

По результатам анализов были построены графики зависимостей изменений нерастворимого осадка, температуры вспышки масла и кинематической вязкости от наработки двигателя (см. рис.). Анализ результатов исследований показывает, что за время испытаний среднее значение содержания нерастворимых примесей быстро увеличивается. Для свежего масла количество накопленных возросло: для трактора №1 от 0,06 до 1,3 %; для