

Температура поверхности конического прецизионного сопряжения штатного распылителя и модифицированного распылителя без экрана изменяется незначительно и составляет 250 °С (рис.2, а, б), а в модифицированном распылителе с экраном составляет 221 °С (рис. 2, в). Постановка экрана в модифицированном распылителе снижает температуру поверхности конического прецизионного сопряжения на 29 °С.

Максимальная температура области распыливающих отверстий исследуемых распылителей практически одинакова и составляет 273 °С (рис.2, а, б, в).

*Исследования выполнены в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы и при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (номер проекта: 10-08-00424).*

### **Выводы**

Полученные результаты свидетельствуют, что использование модифицированного распылителя позволяет улучшить условия работы цилиндрического прецизионного сопряжения, а постановка экрана в модифицированном распылителе дополнительно улучшает условия работы и конического прецизионного сопряжения. При этом тепловое состояние распыливающих отверстий практически не изменяется. Для снижения температуры в области распыливающих отверстий, как известно, целесообразно полное экранирование распылителя.

## **ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ**

**Лашко В.А.** (Тихоокеанский государственный университет); **Коньков А.Ю.** (Дальневосточный государственный университет путей сообщения)

Традиционным для диагностики технического состояния (ТС) ДВС оказался подход, предполагающий длительный этап накопления и обобщения экспериментальных данных. В существующих системах технической диагностики дизеля практически не используется давно разработанный и применяемый на этапах проектирования двигателя математический аппарат, моделирующий физические процессы в двигателе.

Вместе с тем, в смежных областях знаний достаточно давно и успешно применяются методы, основанные на теории идентификации. В первую очередь, этот мощный математический аппарат, являющийся составной частью теории управления, нашел применение там, где экспериментальное исследование влияния дефектов на показатели объекта либо принципиально невозможно, либо чрезвычайно дорого.

Практический интерес для целей технической диагностики представляют известные решения задачи идентификации в параметрической постановке (идентификация в узком смысле или параметрическая идентификация), которая состоит в оценивании параметров и состояния системы по результатам наблюдения над входными и выходными параметрами. На основании выполненных теоретических исследований в качестве базового алгоритма идентификации (рис. 1) для решения поставленных задач выбрана структура, известная под аббревиатурой ПАИАМ – поисковые алгоритмы идентификации с адаптивной моделью.

Первым условием практической реализации представленной схемы является *наблюдаемость* входов и выходов объекта. Роль выходного сигнала объекта (на схеме выход обозначен как  $y$  в функции от времени  $\tau$  в общем случае могут выполнять сигналы: давления в цилиндре, ТВД дизеля; виброускорения, измеренного на различных поверхностях двигателя; перемещения иглы форсунки и др. популярные при диагностике ДВС сигналы. Обычно изменение контролируемых показателей увязывают с рабочим циклом двигателя и рассматривают их не в функции от времени, а в функции от угла поворота коленчатого вала. Для рассматриваемого метода это означает, что наряду с измерением непосредственно диагностического сигнала необходимо получение временной реализации угла поворота коленчатого вала  $\varphi(\tau)$ . На схеме эта функция представлена входом  $u(\tau)$ . Необходимо отметить, что большую ценность при диагностировании дизеля представляет наблюдение других величин, в большей мере отвечающих понятию «вход» объекта. Действительно, при анализе сигнала давления в цилиндре в первую очередь учитывается его связь с движением поршня, при диагностировании ТА возмущающим воздействием является движение плунжера насоса и т.д.

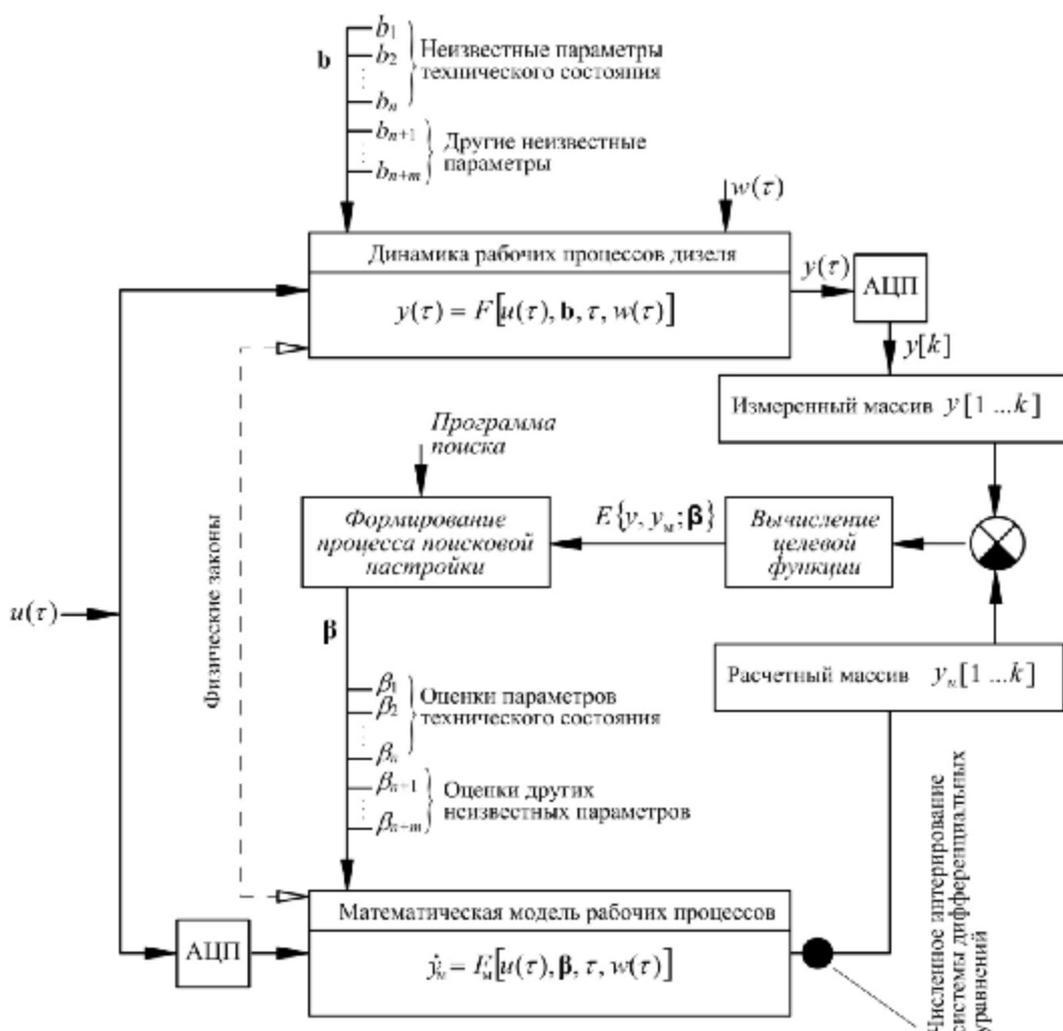


Рис.1. Структурная схема параметрической идентификации ТС дизеля

Разграничив отдельно наблюдение за входом и выходом объекта проще установить влияние внешних, случайных воздействий  $w(\tau)$  на наблюдения. Таким образом, объект диагностики представляется функцией вида

$$y(\tau) = F[u(\tau), b, \tau, w(\tau)],$$

где  $\mathbf{b}$  – вектор неизвестных параметров, включающий, в первую очередь, параметры ТС.

Важнейшим звеном параметрической идентификации является математическая модель объекта. Ее задача заключается в генерации функции  $u_M(\tau)$  по результатам наблюдений за входом  $u(\tau)$ . Связь между этими функциями устанавливается в первую очередь физическими законами и опытными данными об объекте. Функция  $u_M(\tau)$  является некоторым аналогом выхода объекта  $u(\tau)$  и, в идеале, должна была бы в точности повторять ее. Замечательным обстоятельством является то, что разработка подобных математических моделей «с нуля» не требуется. В большинстве случаев, можно ограничиться выбором и незначительной коррекцией одной из существующих моделей с учетом задачи диагностики.

Основная задача рассматриваемого метода формулируется следующим образом: найти количественные значения параметров  $\beta$ , при которых выход модели  $u_M(\tau)$  и  $u(\tau)$  будут наиболее близки. Введенное здесь обозначение  $\beta$  вместо  $\mathbf{b}$  подчеркивает то обстоятельство, что результаты идентификации позволяют судить лишь о некотором приближении найденных параметров  $\beta$  действительно имеющим место  $\mathbf{b}$ . Иными словами, вектор  $\beta$  не вектор параметров, а вектор их *оценок*.

В связи с тем, что современные системы сбора диагностической информации выполнены, как правило, с применением цифровых вычислительных средств, структурная схема (рис. 1) рассматривалась в дискретной постановке задачи. Квантованию сигналов по времени и амплитуде на схеме соответствуют блоки АЦП – аналого-цифрового преобразования. Поэтому цель идентификации – близость выходов объекта и модели определялась сравнением массивов  $u[1 \dots k]$  и  $u_M[1 \dots k]$ .

При выборе вида целевой функции, количественно определяющей ошибку модели  $E(u, u_M, \beta)$  рассматривались различные известные подходы, основанные на методе наименьших квадратов, наименьших модулей и т.п. При практических реализациях метода идентификации, некоторые результаты которых изложены ниже, ошибка модели рассчитывалась по уравнениям вида:

$$E\{u, u_M; \beta\} = \sum_{k=1}^N (u[k] - u_M[k; \beta])^2, \quad (1)$$

$$E\{u, u_M; \beta\} = \sqrt{(\bar{y}[k] - \bar{y}_M[j; \beta])^2 + (\bar{\tau}[k] - \bar{\tau}_M[j; \beta])^2} = \sqrt{\Delta \bar{y}^2 + \Delta \bar{\tau}^2}, \quad (2)$$

$$E\{u, u_M; \beta\} = \max_{\tau \in T} |u(\tau) - u_M(\tau; \beta)|, \quad (3)$$

где  $\bar{y}$  и  $\bar{\tau}$  – безразмерные (нормализованные к интервалу  $0 \dots 1$ ) значения выхода и времени анализируемого участка данных);  $k$  – номер в массиве данных выхода объекта, определяющий характерную точку;  $j$  – то же, но для модели;  $\Delta \bar{y}$  и  $\Delta \bar{\tau}$  – нормализованные расстояния между одноименными характерными точками сигналов по оси ординат ( $y$ ) и абсцисс ( $\tau$ ).

С учетом вышесказанного, формально задача параметрической идентификации сводится к минимизации критерия  $E\{u, u_M, \beta\} \rightarrow \min$ .

В ПАИАМ решение этой задачи ищут с помощью неявных итерационных методов. Известно, что точность и время поиска минимума зависит от уровня задачи оптимизации (в нашем случае от размерности вектора оценок  $\beta$ ). Применение детерминированных математических моделей позволяет понизить уровень оптимизации разбиением интервала наблюдения на несколько характерных периодов, для которых известны параметры, оказывающие преобладающее влияние на выход модели.

Первое практическое решение задачи идентификации было выполнено для сигнала давления в цилиндре двигателя – индикаторной диаграммы (ИД). Объектами исследования являлись вспомогательный дизель-генератор рефрижераторных секций (4Ч9/12,5) и тепловозный дизель 1А-9ДГ (16ЧН26/26). Результаты выполненных исследований докладывались ранее [1] и наиболее полно опубликованы в [2]. Отметим здесь, что использование изложенного выше подхода позволило разработать технологию определения по ИД оценок девяти параметров, семь из которых характеризуют ТС, в том числе показатели впрыскивания топлива (угол начала подачи топлива, цикловая подача, средний диаметр капель). Наряду с этим, удалось учесть типичные для эксплуатации погрешности определения ИД: ошибку определения ВМТ и дросселирование газа в индикаторном канале.

Другим примером практической реализации метода идентификации применительно к задачам диагностирования дизеля является оценивание параметров ТС форсунки по результатам осциллографирования процессов в опрессовочном стенде типа А10б. Обычная работа со стендом предполагает определение с использованием трубчато-пружинного манометра давления начала впрыскивания проверяемой форсунки, плотность запорного конуса распылителя. Качество распыливания персонал оценивает на основании визуальных и слуховых ощущений. Применение метода идентификации позволяет не только устранить эту субъективность, но и расширить перечень контролируемых показателей, получить их количественные оценки.

С этой целью была выполнена модернизация стенда, которая заключалась в дополнительной установке датчиков давления в магистрали стенда и перемещения плунжера, а также устройств ввода данных в персональный компьютер. Структура разработанного метода соответствует представленной выше схеме со следующими особенностями: входом объекта является сигнал с датчика перемещения плунжера  $h_n(\tau)$ ; выходом – сигнал давления топлива в магистрали стенда  $p'_n(\tau)$ .

Особенности математической модели и технологии идентификации подробно рассмотрены в работе [3]. Идентификация процесса впрыскивания осуществлялась по семи параметрам, среди них четыре параметра непосредственно характеризуют ТС форсунки:  $\delta_n$  – средний диаметральный зазор в сопряжении «игла – корпус распылителя»;  $d_c$  – средний диаметр сопловых отверстий;  $j$  – жесткость пружины форсунки;  $z_{\max}$  – ход иглы до ограничителя.

В качестве примера, иллюстрирующего возможности метода на рис. 2 и в табл.1 представлены результаты оценивания показателей форсунки Д49 при двух искусственно и одновременно внесенных дефектах: закоксовывание сопловых отверстий и увеличение максимального хода иглы. Для этого в новом распылителе были забиты три из девяти отверстий и сточена опорная поверхность иглы. В качестве действительного значения  $d_c$  в таблице приведен эквивалентный диаметр, подсчитанный по шести отверстиям с чертежными размерами. Остальные параметры определялись инструментальными средствами.

Необходимо отметить, что некоторые из оцениваемых при идентификации дефекты ТС форсунок не могут быть выявлены с применением традиционной для ремонтного производства технологии не только количественно, но и качественно.

#### **Литература:**

1. Лашко, В.А. Идентификация технического состояния дизеля по индикаторной диаграмме с учетом особенностей эксперимента в условиях эксплуатации [Текст] / В.А. Лашко, А.Ю. Коньков // Сб. науч. тр. межд. конф. Двигатель-2007,

посв. 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана.– М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007.– С.547-551.

2. Коньков, А.Ю. Диагностирование технического состояния тепловозного дизеля по индикаторной диаграмме на основе теории идентификации [Текст] / А.Ю. Коньков, В.А. Лашко // Двигателестроение.– 2009.–3(237).– С.19-23.

3. Коньков, А.Ю. Оценка технического состояния распылителей форсунок дизелей с использованием механотестеров топливной аппаратуры [Текст] / А.Ю. Коньков, В.А. Лашко, В.Г. Кочерга / Вестник Тихоокеанского государственного университета.– №2(17).– 2010.– С.111-120.

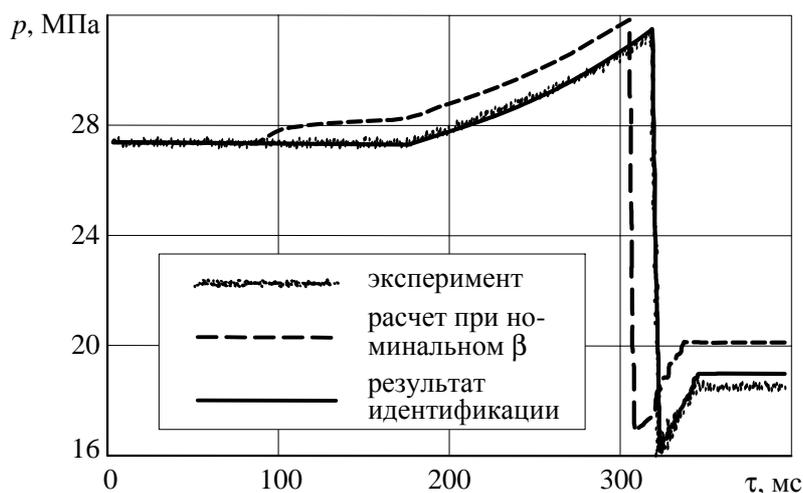


Таблица 1.

Параметр	Значение	
	b	•
$\delta_{и}$ , мкм	-	3,23
$z_{max}$ , мм	0,85	0,87
$d_c$ , мм	0,32	0,33
$j$ , Н/мм	365	355

Примечание: b - действительное,  $\beta$  - оценка

Рис.2. Пример оценивания параметров форсунки Д49

## УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ВНЕШНИМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕМ

**Морозова В.С., Поляцко В.Л., Гун В.С.** (Южно-Уральский государственный университет)

В современном мире борьба за снижение негативного воздействия автомобилей на окружающую природную среду становится основной задачей производителей автомобильной техники. Для этого необходимо выявить основные факторы, влияющие на экологические показатели автомобильных двигателей.

На экологические показатели бензиновых двигателей существенное влияние оказывает состав горючей смеси, оцениваемый коэффициентом избытка воздуха ( $\lambda$ ), и физические параметры горючей смеси.

Если разделить процесс образования горючей смеси на две стадии, то первая (несомненно, основная) связана с дозированием топлива, а именно с установлением количественного соотношения «воздух-топливо», вторая стадия – это получение однородной (гомогенной) смеси [1]. На процесс гомогенизации в бензиновых двигателях влияет множество факторов от принципа действия приборов топливоподачи и режимов работы двигателя до физических свойств топлива. Важнейшим фактором, влияющим на полноту испарения топлива и равномерного его распределения по всему объему камеры сгорания, является процесс дозирования топлива. Непосредственным наблюдением или измерением степень гомогенизации определить трудно, но возможно применить косвенную оценку в виде экологических показателей и регулировочной характеристики. Причем, ряд исследований