

АЛГОРИТМ ПОИСКА КОРРЕКТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОТМЕТКИ ВМТ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

А.А. Обозов, к.т.н.,
 ЗАО УК «Брянский Машиностроительный Завод»

В системах функциональной диагностики дизелей одной из первостепенных решаемых задач является определение величины среднего индикаторного давления цилиндра. Получаемая расчетным путем величина среднего индикаторного давления в значительной степени зависит от точности привязки сигнала к отметке ВМТ цикла.

Предлагается простой алгоритм, реализация которого позволит избежать грубых ошибок, вызванных неточностью установки датчика-отметчика ВМТ систем диагностики.

Алгоритм поиска «истинного» положения ВМТ состоит из следующих этапов:

- ✓ запись процесса изменения давления в цилиндре дизеля при отключенной топливopодаче;
- ✓ аппроксимация записанной кривой в области ВМТ полиномом второй степени; дифференцирование полученной функции и нахождение ее корня.

На основе анализа свойств полинома выявлен диапазон для аппроксимации кривой давления в цилиндре, который составляет $\pm(10-15)$ град ПКВ (относительно ВМТ).

В системах функциональной диагностики судовых дизелей одной из первостепенных решаемых задач является определение величины среднего индикаторного давления P_{mi} цилиндра на основе анализа регистрируемой индикаторной диаграммы ($P_{cyl} = f(\phi)$, где P_{cyl} — давление в цилиндре дизеля, ϕ — угол поворота кривошипа исследуемого цилиндра). Известно, что получаемая расчетным путем величина среднего индикаторного давления очень чувствительна к точности привязки кривой давления $P_{cyl}(\phi)$ к положению отметки верхней мертвой точки (ВМТ) цилиндра. В системах функциональной диагностики обычно сигналом ВМТ служит сигнал, поступающий от датчика отметки ВМТ (контактного, индуктивного, оптического или другого типа), установленного на маховике двигателя. Поэтому важно установку данного датчика проводить очень точно. Ошибка в установке датчика (даже на порядок не превышающий 1 град ПКВ)

приводит к значительным погрешностям при определении величины P_{mi} .

В связи с указанным автором был разработан алгоритм проверки правильности установки датчика-отметчика ВМТ, который был включен в общий алгоритм функционирования системы диагностики, разработанной и используемой на БМЗ. Данный алгоритм можно назвать алгоритмом самодиагностики системы.

Если в процессе работы дизеля отключить подачу топлива в цилиндр, то кривая изменения давления в цилиндре $P_{cyl}(\phi)$ (рис. 1) имеет относительно истинного положения ВМТ абсолютно симметричный вид и достигает своего максимума, когда объем цилиндра минимален, т. е. когда поршень находится в ВМТ. В то же время системой диагностики она может быть отображена, как имеющая некоторое смещение относительно 0 град по шкале угла поворота коленчатого вала, и задача проверки правильности установки датчика ВМТ (правильности фазирования кривой $P_{cyl}(\phi)$ относительно истинного положения ВМТ) заключается в определении величины данного смещения. После определения величины смещения ВМТ осуществляется переустановка датчика отметки ВМТ, т. е. компенсация выявленного смещения.

Наиболее простым способом нахождения истинного положения ВМТ является поиск точки кривой $P_{cyl}(\phi)$ абсолютного максимума. Но такой способ с рассмотрением каждой отдельной

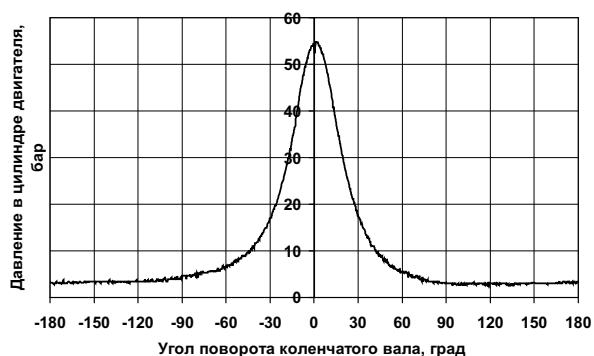


Рис. 1. Кривая давления в цилиндре дизеля (сжатие–расширение), полученная при помощи системы диагностики

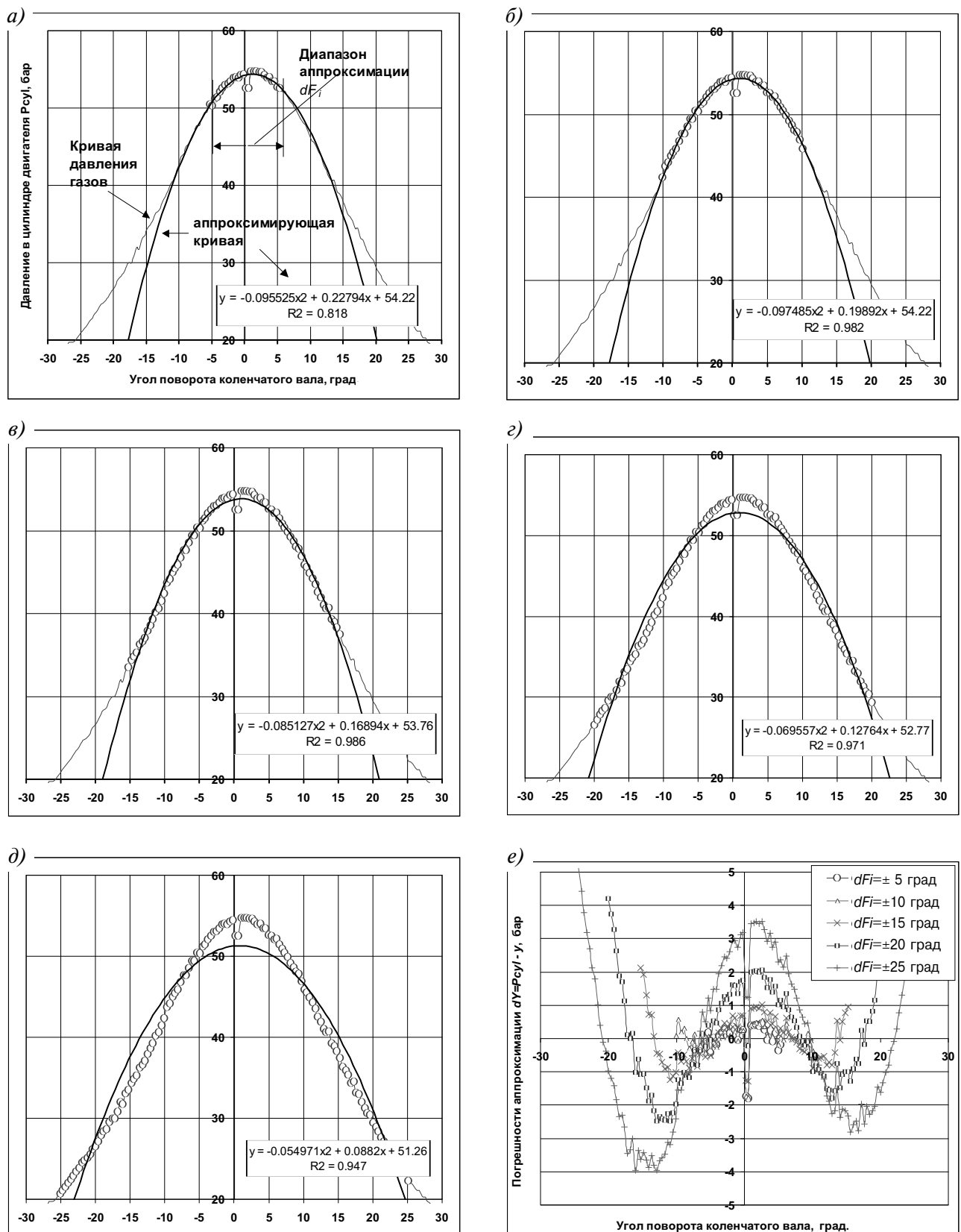


Рис. 2. Анализ качества аппроксимации кривой давления газов цилиндра дизеля полиномом второй степени для различных диапазонов аппроксимации dF_i :

а), б), в), г), д) — $dF_i = 5, 10, 15, 20, 25$ град ПКВ;

е) погрешность аппроксимации $dy = P_{cyl} - y$

точки кривой имеет существенный недостаток, так как он не основан на информации о симметрии кривой, заключенной в целом множестве точек в области, прилежащей к ВМТ.

Предлагается следующий алгоритм анализа кривой $P_{cyl}(\phi)$ для выявления истинного положения ВМТ.

1. Запись при помощи системы диагностики процесса $P_{cyl}(\phi)$ (сжатия–расширения, с отключением подачи топлива в цилиндр). Полученный процесс в силу указанных выше причин может иметь некоторое смещение относительно истинного положения ВМТ.

2. Аппроксимация участка кривой, прилежащей к области ВМТ, полиномом второй степени $y = Ax^2 + Bx + C$; коэффициенты A , B и C могут быть найдены из системы уравнений [1]:

$$A \sum_{i=1}^n x_i^4 + B \sum_{i=1}^n x_i^3 + C \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i;$$

$$A \sum_{i=1}^n x_i^3 + B \sum_{i=1}^n x_i^2 + C \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n x_i y_i;$$

$$A \sum_{i=1}^n x_i^2 + B \sum_{i=1}^n x_i + Cn = \sum_{i=1}^n y_i,$$

где n — число точек, по которым производится аппроксимация.

3. Нахождение первой производной функции y по углу поворота коленчатого вала

$$y' = (Ax^2 + Bx + C)' = Ax + B.$$

4. Нахождение значения аргумента, соответствующего экстремуму функции y .

$$Ax + B = 0; x = -B/A.$$

Найденное значение аргумента x и определяет истинное положение ВМТ цилиндра.

При такой постановке задачи возникает вопрос о том, какой по величине диапазон области определения функции y (кривой $P_{cyl}(\phi)$) в окрестности ВМТ следует аппроксимировать полиномом (выбранный диапазон должен быть по возможности максимален по величине, давать минимальную погрешность аппроксимации и, соответственно, минимальную погрешность в определении истинного положения ВМТ). На рис. 2, а–д проиллюстрирована выполненная аппроксимация для различных диапазонов по углу поворота коленчатого вала $dFi = \pm 5, 10, 15, 20$ и 25 град ПКВ. Естественно, что диапазоны аппроксимации на данном этапе имеют ориентацию относительно 0 град по шкале, задаваемой системой диагностики с некоторой погрешностью. На рис. 2, е представлены графики, отражающие погрешность аппроксимации для различных анализируемых диапазонов аппроксимации. Из графиков видно, что качество аппроксимации существенно зависит от величины диапазона и

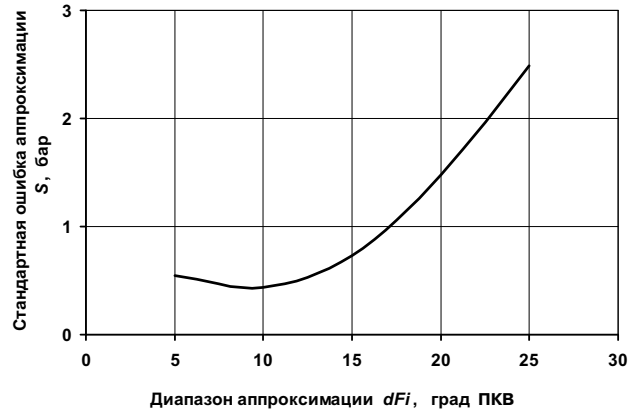


Рис. 3. Зависимость стандартной ошибки аппроксимации кривой $P_{cyl}(Fi)$ от величины диапазона аппроксимации dFi

резко ухудшается для диапазонов, превышающих величину ± 15 град ПКВ. Подтверждением этому служит также рассчитанные значения стандартной ошибки аппроксимации S (рис. 3).

Для диапазона ± 5 град ПКВ $S = 0,545$ бар, для ± 10 град ПКВ $S = 0,439$ бар, для ± 15 град ПКВ $S = 0,729$ бар. Выполненный анализ позволяет выбрать оптимальный диапазон — $\pm(5-10)$ град ПКВ. В целом анализ показывает, что полином второй степени обладает хорошими аппроксимирующими качествами для диапазона, не превышающего ± 15 град ПКВ.

На рис. 4 представлены графики нахождения корней уравнения $y' = 0$ (для различных диапазонов аппроксимации dFi), т. е. нахождения величин смещения истинной ВМТ от ВМТ, получаемой системой диагностики от датчика.

На рис. 5 приведена зависимость выявленного смещения ВМТ как функция величины диапазона аппроксимации. Как видно, абсолютно одинаковый результат (смещение ВМТ = 1,0 град ПКВ) был получен при dFi , равных ± 10 и



Рис. 4. К определению корней уравнения $y' = 0$

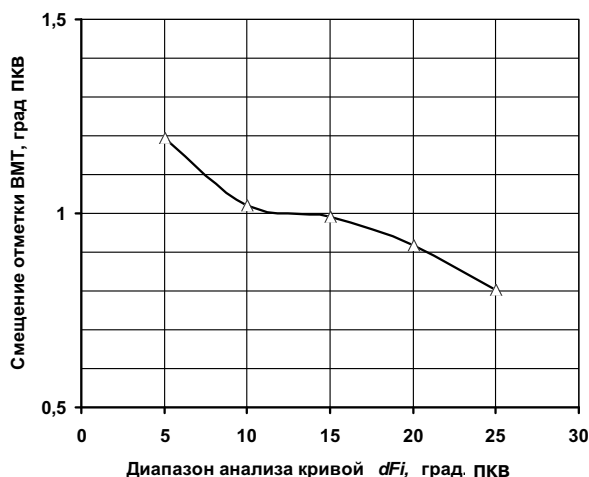


Рис. 5. Зависимость выявленного смещения отметки ВМТ при различном анализируемом диапазоне угла ПКВ

15 град ПКВ. Несколько отличающиеся результаты были получены при dF_i , равных 5, 20 и 25 град ПКВ. Однако следует отметить, что для всех исследуемых диапазонов dF_i оценка истинного положения ВМТ уложилась в допуск $\pm 0,2$ град ПКВ. На основе рассмотренного конкретного случая можно сделать вывод, что датчик отметки ВМТ системы диагностики посылает сигнал в систему несколько раньше положенного времени (опережает истинное ВМТ на 1 град ПКВ) и его положение следует

изменить (в противном случае система диагностики будет завышать величину P_{mi}).

Выводы

1. Предлагается простой алгоритм, реализация которого, позволит избежать грубых ошибок, вызванных неточностью установки датчика отметки ВМТ, при определении величины среднего индикаторного давления с использованием систем диагностики.

2. Алгоритм поиска корректного положения отметки ВМТ состоит из следующих этапов:

✓ запись процесса изменения давления газов в цилиндре при отключенной топливоподаче (процесс сжатия–расширения);

✓ аппроксимация записанной кривой полиномом второй степени, дифференцирование полученной функции и нахождение ее корня (корень является углом ПКВ, соответствующим истинной ВМТ);

3. Выполнен анализ свойств полинома второй степени как аппроксимирующей функции для поставленной задачи; выявлен наиболее подходящий диапазон аппроксимации, дающий минимальную погрешность в определении истинного положения ВМТ.

Литература

1. Данилина Н.И., Дубровская Н.С. и др. Численные методы. — М.: Высшая школа. 1976. — 368 с.



Александр

Павловичу

Петрову

60 лет

*1 марта 2006 года исполнилось 60 лет
научному редактору журнала «Двигателестроение»,
доценту кафедры Судовых энергетических установок
Санкт-Петербургского Государственного Университета Водных Коммуникаций, к.т.н.*

Петрову Александру Павловичу.

*Редакция журнала и коллектив Санкт-Петербургского
Государственного Университета Водных Коммуникаций поздравляют юбиляра
и желают ему здоровья и творческих успехов.*