

АЛГОРИТМ ПОИСКА ФАЗ ОТКРЫТИЯ И ЗАКРЫТИЯ ВЫПУСКНОГО КЛАПАНА ЦИЛИНДРА ДИЗЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

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

Фазы открытия и закрытия выпускного клапана судового малооборотного дизеля могут быть проконтролированы на основе регистрируемого системой диагностики индикаторного процесса дизеля.

Для этой цели осуществляется нелинейное (логарифмическое) отображение исходного процесса, аппроксимация характерных участков полученной функции полиномами первой степени и далее построение логических решений. В основу алгоритма поиска фаз открытия (закрытия) выпускного клапана положен формальный метод определения угла отрыва кривой индикаторного процесса от прямых линий.

Поиск фаз открытия и закрытия выпускного клапана проиллюстрирован на конкретном примере.

Фазы открытия и закрытия выпускного клапана судового малооборотного дизеля определяются позиционированием газовыпускной кулачной шайбы на распределительном валу. Как правило, кулачная шайба, установленная в период постройки двигателя на заводе, впоследствии при эксплуатации двигателя сохраняет свое первоначальное положение. И лишь механический износ главной приводной цепи и изменение натяжения цепи вследствие нарушения регулировки механизма натяжения приводят к некоторому изменению (отставанию) фаз газораспределения по отношению к построеным фазам.

Тем не менее фазы открытия и закрытия выпускного клапана также зависят от технического состояния механизма гидропривода выпускного клапана, и данный узел двигателя может в существенной степени изменить закон движения выпускного клапана. В этой связи в эксплуатации наряду с проверкой позиционирования газораспределительных кулачных шайб (выполняемой по стандартной методике, изложенной в инструкции по эксплуатации двигателя) также необходим контроль фаз открытия (закрытия) клапана, проводимый непосредственно в процессе работы двигателя. Следует отметить, что закон движения шпинделя выпускного клапана судовых малообо-

ротных дизелей БМЗ, которые производятся по лицензии фирмы MAN V&W (Германия–Дания), может быть проконтролирован системой диагностики при помощи датчика перемещения, при этом датчик устанавливается непосредственно на корпусе выпускного клапана.

В настоящей статье описывается разработанный автором алгоритм контроля фаз, который заложен в систему функциональной диагностики дизелей и который успешно использовался в течение ряда лет. Работа алгоритма в статье проиллюстрирована на данных, полученных на дизеле 8L60MC. Оценка фаз газораспределения проводится на основе анализа индикаторного процесса цилиндра дизеля, регистрируемого системой диагностики (рис. 1). В соответствии с алгоритмом определяется угол ПКВ, при котором кривая сжатия отделяется от кривой фазы продувки цилиндра и начинается процесс «чистого сжатия». Данный угол ПКВ соответствует моменту посадки выпускного клапана на седло. В процессе расширения газов момент отрыва кривой от линии «чистого расширения» можно принять за момент открытия выпускного клапана. Для нахождения фаз открытия и закрытия выпускного клапана перестроим индикаторную диаграмму в логарифмические координаты (рис. 2)

$$\log (P_{cyl}) - \log (V_{cyl}).$$

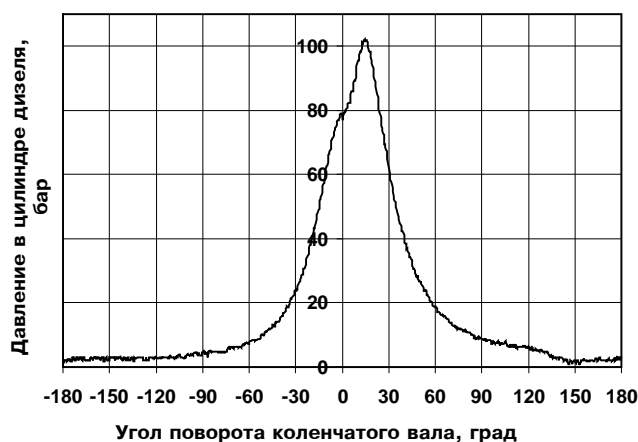


Рис. 1. Индикаторный процесс в цилиндре судового малооборотного дизеля 8L60MC (ДБ32); цилиндр № 1, режим: 103 об/мин

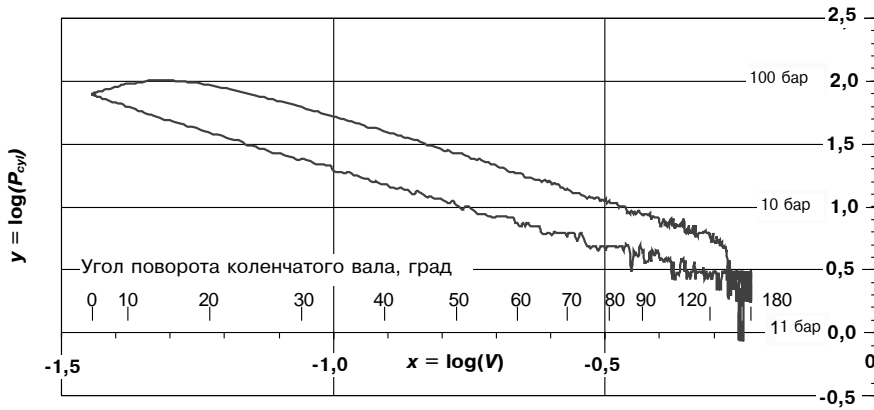


Рис. 2. Индикаторный процесс, отображенный в логарифмических координатах

В данных координатах кривые процессов сжатия и расширения отобразятся в виде прямых линий (или почти прямых линий). Из курса теории ДВС известно, что тангенсы углов наклона этих прямых к оси абсцисс численно равны значениям показателей политроп процессов сжатия и расширения соответственно.

В основу алгоритма поиска фаз открытия (закрытия) выпускного клапана положен формальный метод определения угла отрыва кривой индикаторного процесса от прямых линий, отображающих процессы сжатия и расширения в логарифмических координатах. Покажем «хвостовую» часть диаграммы в увеличенном масштабе (рис. 3). Используя метод наименьших квадратов (МНК), аппроксимируем кривую сжатия на участке от -90 до -30° ПКВ полиномом первой степени (результат аппроксимации — функция $y = -1,2084x + 0,086$). Вычисленное значение квадрата множественного коэффициента корреляции ($R^2 = 0,986$) указывает на хорошее качество аппроксимации. Далее

выполняется поиск среднего уровня давления в цилиндре на стадии продувки цилиндра (на участке от -180 до -120° ПКВ).

На указанном участке открыты продувочные окна и открыт выпускной клапан. Средняя величина $\log(P_{scav})$ в стадии продувки для рассматриваемого примера составила $0,45$, а значение аргумента x , при котором аппроксимирующая прямая пересекает уровень P_{scav} (см. рис. 3), равняется $-0,3$ ($x = (0,45 - 0,086) / -1,2084$).

Объем цилиндра, соответствующий найденной точке, равен $V = 10^{-0,3} = 0,499 \text{ м}^3$. Путем несложных математических преобразований можно найти аналитическую зависимость угла поворота коленчатого вала от текущего объема цилиндра $\varphi = f(V_{cyl})$:

$$\varphi = -\arccos \frac{(R + L - S)^2 + R^2 - L^2}{2R(R + L - S)}, \quad (1)$$

где R — радиус кривошипа (в приводимом примере $R = 0,972 \text{ м}$); L — длина шатуна ($L = 2,34 \text{ м}$); S — расстояние от текущего положения поршня до его положения в ВМТ; $S = (V_{cyl} - V_{ign}) / F_p$; V_{cyl} — текущий объем цилиндра, V_{ign} — объем камеры сгорания ($V_{ign} = 0,036 \text{ м}^3$), F_p — площадь поршня ($F_p = 0,2827 \text{ м}^2$).

На рис. 4 в графической форме отображен конечный результат поиска угла закрытия выпускного клапана (для рассматриваемого примера $\varphi = -122^\circ$).

Для поиска угла открытия выпускного клапана аппроксимируем участок линии расширения (см. рис. 2) диапазоне от 60 до 90° ПКВ, т. е. на

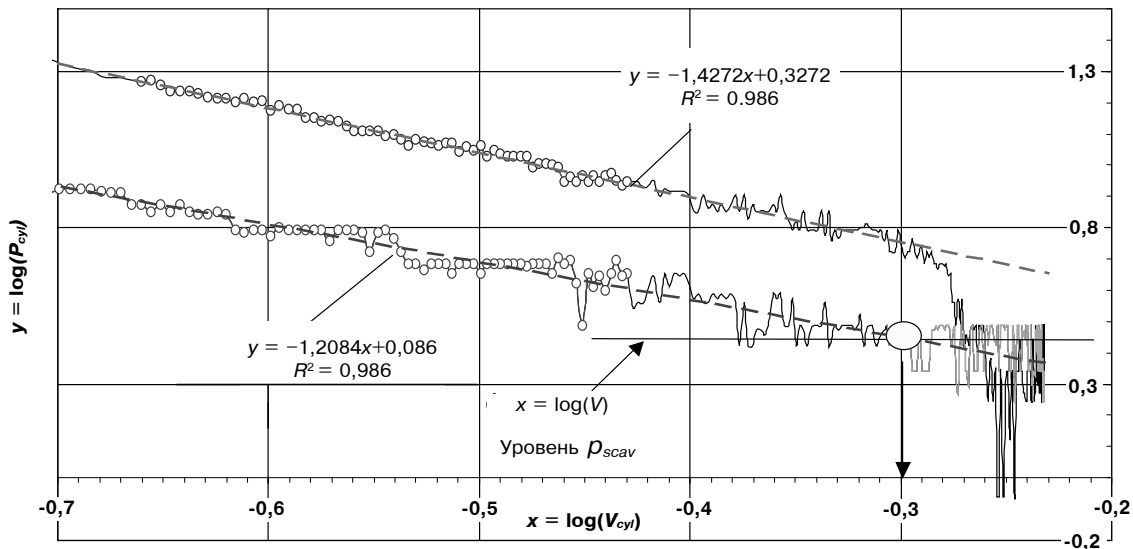


Рис. 3. Индикаторный процесс, отображенный в логарифмических координатах (фрагмент)

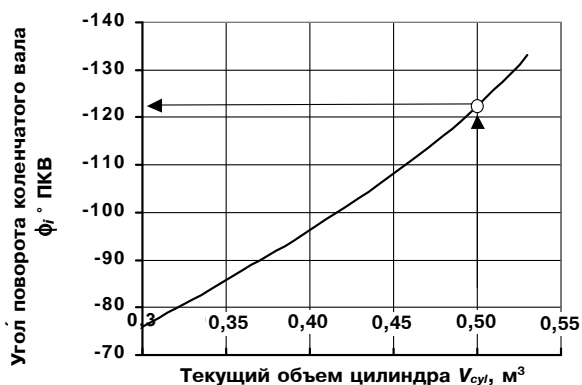


Рис. 4. Поиск угла закрытия выпускного клапана

участке, предшествующем открытию выпускного клапана. В нашем примере получена функция $y = -1,4272x + 0,3272$. Далее находится разность $dy = y - \log(P_{cyl})$ для участка аппроксимации, а также и для следующего за данным участком — участка фазы открытия клапана. Функция $dy = f(\log(V_{cyl}))$ приведена на рис. 5. Наиболее приемлемым способом отыскания угла открытия клапана является поиск первого отрицательного значения dy , при этом направление поиска должно осуществляться, как показано на рис. 5, т. е. в направлении от НМТ к ВМТ.

В примере, приводимом в статье, величина x , соответствующая первому обнаруженному отрицательному dy , равна $-0,294$, что соответствует $V_{cyl} = 0,508 \text{ м}^3$ и углу (по формуле (1), взятому с положительным знаком) $\varphi = 125^\circ \text{ ПКВ}$.

В заключение сделаем ряд замечаний.

Опыт работы с системой диагностики, в которой заложен приведенный в статье алгоритм, показал, что получаемые результаты по определению фаз очень чувствительны к качеству системы диагностики как измерительной системы.

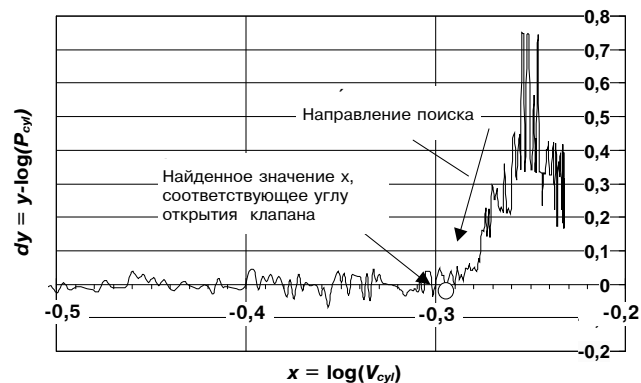


Рис. 5. Иллюстрация к алгоритму поиска угла открытия клапана

Если в сигнале наблюдаются шумы или по каким-либо другим причинам сигнал записывается с существенными погрешностями, то ошибка при определении фаз значительно возрастает. Это особенно относится к определению фазы закрытия выпускного клапана.

Также следует отметить, что согласно приведенному алгоритму было бы более правильно сказать: регистрируются не геометрические фазы посадки выпускного клапана на седло и отрыва его от седла (это обычно записывается при помощи датчика хода выпускного клапана), а фазы начала процесса сжатия в цилиндре и процесса истечения газов из цилиндра. Начало процесса истечения, регистрируемое системой диагностики, как показали измерения, смещены по отношению к геометрическому углу открытия клапана на несколько градусов ($5\text{--}8^\circ \text{ ПКВ}$).

Тем не менее система диагностики, в которой заложен подобный алгоритм, дает полезную дополнительную информацию для контроля рабочего процесса двигателя и оценки технического состояния (регулировки) механизмов привода выпускного клапана.

ПРЕДЛАГАЕМ РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ТАРИФЫ НА 2 ПОЛУГОДИЕ 2006 ГОДА

Первая страница обложки	Полноцветная	12000 руб.
Вторая и третья страницы обложки	Полноцветная	10000 руб.
Четвертая страница обложки	Полноцветная	11000 руб.
Внутри журнала из расчета одна страница формата А4	Полноцветная	10000 руб.
	Черно-белая	8000 руб.