

УДК 621.436:681.586'33

ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ В ЦИЛИНДРЕ ДИЗЕЛЯ

Ю.П. Макушев, Л. Ю. Михайлова,

*Сибирская государственная автомобильнодорожная
академия, г. Омск,*

И.В. Ставрова

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Достигнутый уровень научно-технического прогресса в области двигателестроения предопределяет жёсткие требования к приборам и средствам индицирования. Это обуславливается увеличением частоты вращения коленчатого вала, уменьшением размеров цилиндра, широким пределом изменения температуры газов при изменении их давления в цилиндре двигателя.

Из наиболее известных средств диагностирования рабочего процесса высокофорсированных дизелей можно выделить индикаторы типа МАИ-2. Наряду с ними широкое распространение получили тензометрические датчики давления, которые отличает простота конструкции, хорошие динамические качества и стабильность характеристик [1,2].

Наиболее ответственным узлом приборов индицирования является датчик давления, отвечающий условиям эксплуатации и обладающий следующими свойствами: малая инерционность, высокая частота собственных колебаний, высокая чувствительность, линейная зависимость от давления, стабильность характеристик во времени, достаточный ресурс работы, минимальные размеры.

Авторами данной работы разработана, изготовлена и испытана конструкция малогабаритного датчика для замера давления газов в цилиндре, чувствительный элемент которого состоит из двух тонкостенных мембран, жёстко связанных штоком.

В корпусе 1 (рисунок 1) устанавливается чувствительный элемент 2, который от прорыва газов уплотняется медной прокладкой 3. Чувствительный элемент 2 представляет собой две мембраны, жестко соединенные между собой штоком. Между мембранами расположена втулка 4, которая для обеспечения сборки выполнена из двух частей (разрезана). Втулка имеет канавку с отверстиями, через которые циркулирует вода, охлаждающая датчик. Резиновое кольцо 5 служит для уплотнения полости охлаждения датчика. Гайкой 6 чувствительный элемент прижат к корпусу датчика. Рабочий тензометр 7 наклеен на поверхность тонкой мембраны, которая при изменении давления в цилиндре прогибается, изменяя его сопротивление. Компенсационный тензометр 8 наклеен на внутреннюю поверхность гайки. Выводы тензометров припаяны к разъёму 9, образуя полумост. Чувствительный элемент изготовлен

из стали 4Х15 с последующей термообработкой. Рабочий диаметр мембран 20 мм, толщина мембран 0,5 мм, расстояние между ними 15 мм. Датчик через отверстие с резьбой соединяется с камерой сгорания двигателя.

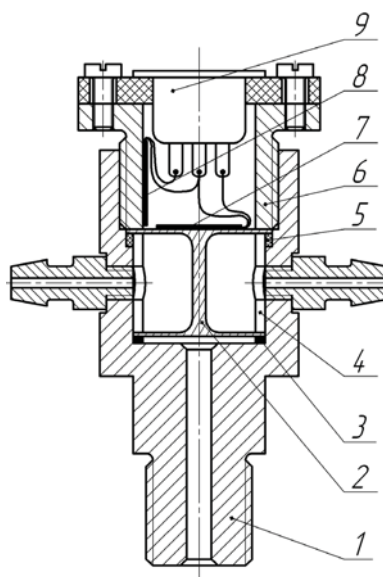


Рисунок 1 – Датчик для измерения давления

Принцип действия тензометрического преобразователя давления основан на изменении электрического сопротивления проводника при его деформации.

Привлекательность тензометрических датчиков давления определяется простотой усиления сигнала [3]. Выводы полумоста из проволочных тензометрических элементов припаяны к разъему датчика, которые при помощи экранированных проводов присоединяются к усилителю. Усилитель работает совместно с осциллографом, который фиксирует процессы изменения давления в цилиндре.

На рисунке 2 показана осциллограмма давления газов в цилиндре дизеля, снятая датчиком давления, изображенным на рисунке 1. Для полного анализа протекания рабочего процесса на осциллограмме приведен ход иглы (ни), зафиксированный индуктивным датчиком и отметка времени.

Процесс сгорания топлива у дизеля условно разбивают на четыре фазы:

1) индукционный период (период задержки воспламенения, от точки 1 до точки 2); 2) период резкого нарастания давления (фаза быстрого сгорания, от 2 до 3); 3) период основного горения (от 3 до 4); 4) период догорания.

Индукционный период начинается от момента впрыска топлива до начала горения. Период резкого нарастания давления наблюдается от начала горения до максимального значения давления в цилиндре.

Период основного горения продолжается от максимального давления до максимальной температуры в цилиндре двигателя. Процесс сгорания в цилиндре начинается при постоянном объеме, завершается при постоянном давлении.

Периодом задержки воспламенения называется время от начала поступления топлива в камеру сгорания (начало подъема иглы форсунки), до момента, когда в результате

химических реакций количество теплоты будет достаточно для прогрева, испарения и воспламенения топлива.

Чем больше скорость химической реакции, тем меньше период задержки воспламенения (t_i) или интервал времени от момента впрыска топлива в нагретый воздух до момента появления пламени.

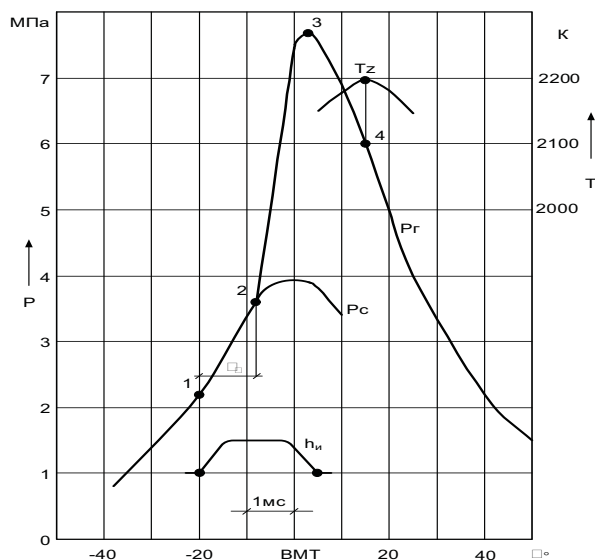


Рисунок 2 – Оциллограммы изменения хода иглы ($h_{и}$) и давления газов в цилиндре ($P_{г}$) дизеля Д – 440 ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $N_e = 66 \text{ кВт}$):

- 1 – действительное начало подачи топлива; 2 – отрыв линии сгорания от линии сжатия (начало видимого сгорания); 3 – максимальное давление при сгорании топлива; 4 – максимальная температура в цилиндре двигателя

Период задержки воспламенения точнее можно определить по анализу оциллограмм. Он равен времени от начала подъема иглы форсунки распылителя (точка 1 начало подачи топлива в камеру сгорания) до начала сгорания распыленного топлива (точка 2 характеризует начало отрыва линии сгорания от линии сжатия).

Для дизелей с объёмным смесеобразованием и степенью сжатия 15 – 17, работающих на топливе с цетановым числом 45 – 55, давлением распыленного топлива 50 – 100 МПа значение t_i достигает 0,001 – 0,002 с.

На участке 2-3 определяют жесткость процесса сгорания, которая равна отношению изменения давления на 1 градус поворота коленчатого вала ($\kappa = \Delta P / \Delta j$).

Жесткость процесса сгорания определяется по индикаторной диаграмме на участке резкого повышения давления. От жесткости сгорания зависят экономичность двигателя, вибрации и стуки.

Считается, что при повышении давления на один градус поворота коленчатого вала на 0,2 – 0,5 МПа двигатель работает мягко, при повышении давления до 0,6 – 0,9 МПа – жестко, а при повышении давления более 0,9 МПа – очень жестко. Жесткость процесса сгорания зависит от способа смесеобразования.

Различают три основных способа смесеобразования:

1. Объёмный (КамАЗ) – распыленное топливо подаётся в объём камеры сгорания, жёсткость сгорания достигает 0,6 – 1 МПа/град.

2. Плёночный («Икарус») – топливо подаётся на горячую стенку, испаряется и плавно сгорает. Жёсткость снижается до 0,2 – 0,4 МПа/град. Двигатель работает мягко, неэкономично с плохими пусковыми качествами.

3. Объёмно-плёночный (ЗИЛ 645) – часть топлива подаётся на стенку, а часть в объём. Жёсткость достигает 0,4 – 0,6 МПа/град при удовлетворительной экономичности и средней жёсткости процесса сгорания.

По анализу и обработке индикаторной диаграммы определяют среднее индикаторное давление, а по нему индикаторную мощность двигателя. При необходимости определяют неравномерность процесса сгорания (по анализу 50 максимальных значений давления газов в цилиндре).

По максимальному значению давления газов в цилиндре P_z (точка 3) производят расчет на прочность деталей двигателя.

При расчете герметичности газового стыка между блоком и головкой цилиндра определяют силу вспышки (F_z), приходящуюся на одну шпильку:

$$F_z = P_z \cdot F_k / i_{ш} , \quad (1)$$

где F_k - площадь проекции поверхности камеры сгорания на плоскость стыка (площадь цилиндра);

$i_{ш}$ - число силовых шпилек (4 или 6).

Экономичность, токсичность выхлопных газов, надежность работы двигателя зависит от состояния распылителей. В процессе эксплуатации давление открытия иглы распылителя снижается и газы из камеры сгорания могут проходить в полость распылителя. В газах имеются твердые частицы сажи, которые поступая в каналы горячего распылителя способствуют их закоксовыванию (уменьшению проходных сечений). Для устранения закоксовывания распылителей необходимо, чтобы в период посадки иглы на седло давление топлива перед сопловыми отверстиями было больше давления газов.

Для анализа величины давления газов за сопловыми отверстиями конструкция датчика для измерения давления газов в цилиндре изменена.

На рисунке 3 показана конструкция датчика давления газов, выполненного совместно с сопловым наконечником распылителя дизеля Д-440.

Конструкция этого датчика отличается от представленной выше тем, что он предназначен измерять не только давление газов в цилиндре и его стабильность, но и давление газов за сопловыми отверстиями. Для этого в канал датчика устанавливается носик распылителя 1 с сопловыми отверстиями. Запись давления газов за сопловыми отверстиями необходима для оценки воздействия газов на иглу, динамики её посадки, нагрева распылителя, причин закоксовывания сопловых отверстий. Обычно в расчётах давление за сопловыми отверстиями берут равным максимальному давлению газов в цилиндре. Однако в действительности из-за дросселирования газов в сопловых отверстиях, площадь которых очень мала (0,2 – 0,4 мм²), давление за сопловыми отверстиями меньше давления газов в цилиндре на 5 – 10

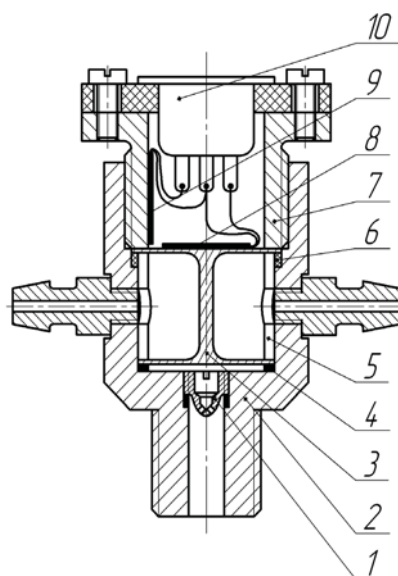


Рисунок 3 – Датчик для измерения давления газов за сопловыми отверстиями

При расчёте сил, действующих на иглу, указанное давление действует на иглу до начала её подъёма. Эта сила равна

$$F = f_u' \cdot P_c \% \quad (2)$$

где f_u' - площадь иглы в районе посадочного конуса;

P_c - давление за сопловыми отверстиями ($0,9 - 0,95 P_z$).

Представленные датчики давления газов с предлагаемым чувствительным элементом могут быть использованы для исследования рабочего процесса в ДВС и совершенствования распылителей форсунок.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кривцов Ю.Г. Применение тензометров сопротивления для измерения давления газов в цилиндре двигателя. Ю.Г. Кривцов, Г.Л. Молчанов. Известия ВУЗов, Машиностроение, №11, 1973.
- 2 Розенблит Г.Б. Датчики с проволочными преобразователями. М.: Машиностроение, 1966.
- 3 Коньков А.Ю. Средства и метод диагностирования дизелей по индикаторной диаграмме рабочего процесса: моногр./А.Ю. Коньков, В.А. Лашко. - Хабаровск. Изд-во ДВГУПС, 2007. – 147 с.

Түйіндеме

Осы жұмыстың авторларымен штокпен қатты байланысқан екі жұқақабырғалы мембраналардан тұратын сезімтал элементі бар

цилиндрында газдардың қысымын өлшеуге арналған кішігабаритті датчигінің конструкциясы әзірленіп, жасалып, сыналған. Ұсынылған датчиктерді ДВС-тағы жұмыс үрдісін зерттеуге және форсуноктардың шашыратқыштарын жетілдіру үшін қолдануға болады.

Resume

The authors of this work developed, produced and tested the construction of a small-sized sensor for gas pressure measuring in cylinder, sensitive element of which is composed of two rigidly bound with rod thin-walled membranes. Presented sensors can be used in internal-combustion engine's work process researching and improving of spray cones.