

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

DOI 10.47737/2307-2873_2021_35_4

УДК 62-383.1

РАЗРАБОТКА БЕЗРАЗБОРНОГО СПОСОБА ДИАГНОСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.В. Максимов;

Л.А. Зимина;

А.Б. Березовский, канд. техн. наук;

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»,

ул. Карла Маркса, д.10, Корпус №1, Казань, Республика Татарстан, Россия, 420111

E-mail: maks.adis@mail.ru

Аннотация. Традиционный механический газораспределительный механизм (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) имеет высокий КПД привода клапанов, но обладает недостатками. Для снятия ограничений, присущих традиционному ГРМ, активно разрабатываются гидравлические, электромагнитные, пневматические приводы клапанов ДВС. Это способствует улучшению характеристик двигателя. Цель работы заключается в изучении и сравнительном анализе современных конфигураций гидроприводных ГРМ ДВС для определения наиболее эффективных решений. Был проведен анализ литературных источников, контент-анализ патентов. Также в ходе выполнения работы использовались следующие методы: структурно-функциональный метод, системный подход, формализация, сущностного анализа. Также была реализована экспериментальная часть исследования – разработка и экспериментальное обоснование способа диагностики ДВС без необходимости разбора. Выявлено, что повышение КПД гидропривода клапанов достигается за счет снижения расхода жидкости в нем. Это реализуется путем увеличения рабочего давления жидкости. Увеличение давления в гидроприводе позволяет уменьшить размеры его элементов. Возможно использование одностороннего или двухстороннего привода. Если используется односторонний гидроцилиндр, то его поршень обеспечивает открытие клапана ДВС, а его закрытие осуществляется под действием клапанной пружины. Использование в приводе гидроцилиндра двухстороннего действия, поршень которого жестко связан с клапаном ДВС, позволяет принудительно открывать и закрывать орган газораспределения. Поршень гидроцилиндра может быть жестко связан со стержнем клапана ДВС или просто прижиматься своим днищем к торцу его стержня. Первый вариант авторы называют

непосредственным приводом, второй – толкающим приводом. Непосредственный привод клапана ДВС предполагает минимальную массу подвижных элементов. Толкающий привод предполагает использование пружины для закрытия клапана. В ходе экспериментальной части разработан экспериментальный метод, который открывает возможность вычислить смещение фаз газораспределения, отказавшись от разбора двигателя.

Ключевые слова: гидравлический привод клапанов, схемы гидропривода, преимущества, недостатки.

Введение. Двигатель внутреннего сгорания – один из ключевых элементов техники, который является предметом многочисленных экспериментальных и теоретических работ, направленных на разработку современных систем сжигания [1, 2, 3]. На данный момент увеличивается потребность в энергоресурсах и топливе, так как увеличивается количество различного рода техники и оборудования. Актуальной становится задача увеличения срока службы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет снижения их теплотворной способности. Необходимо отметить, что ежегодно повышаются требования к обеспечению энергоэффективности и экологической безопасности, это отражается и на ДВС [4]. Достижение поставленной цели за счет разработки новых типов ДВС в короткие сроки является нецелесообразным, гораздо эффективнее совершенствование имеющихся разработок, доработка конструкции ДВС [5].

Традиционный механический газораспределительный механизм (ГРМ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) имеет высокий КПД привода клапанов, но обладает существенными недостатками, среди которых можно выделить:

- фиксированные фазы газораспределения оптимальные для узкого диапазона рабочих режимов ДВС;

- ограничение движения клапана по критической скорости сжатия пружины и по

- разрыву кинематической связи в приводе клапана;

- существенные массы движущихся элементов привода;

- необходимость периодического регулирования тепловых зазоров [6].

Для снятия ограничений, присущих традиционному ГРМ, в настоящее время активно разрабатываются гидравлические, электромагнитные, пневматические приводы клапанов ДВС [7]. Во всех альтернативных приводах процесс создания усилий на клапане двигателя сопровождается двойным преобразованием механической энергии в энергию давления или энергию магнитного поля. При этом происходит потеря части энергии. Поэтому КПД альтернативных приводов ниже, чем у традиционного механического. Несмотря на это, оптимизация фаз газораспределения, доступная при использовании таких приводов, повышает КПД двигателя. В результате применение альтернативного привода клапанов ДВС способствует улучшению характеристик двигателя.

На данный момент известны следующие виды гидроприводных ГРМ ДВС: поршневые, гильзовые, золотниковые, клапанные. Наиболее эффективными являются клапанные гидравлические ГРМ ДВС, они имеют 2 подвида: с односторонним и двусторонним гидроприводом. Каждый подвид имеет свои преимущества и недостатки, которые будут

изучены более подробно и представлены ниже.

Сегодня второй актуальной задачей является сокращение трудозатрат при техническом обслуживании и ремонте транспортных средств посредством разработки и последующего внедрения методов оперативной диагностики ДВС без разбора. На данный момент наиболее распространёнными являются следующие виды безразборной диагностики ДВС:

- виброакустическая диагностика технического состояния узлов и механизмов двигателя;

- бестормозное определение показателей мощности двигателя по параметрам ускорения свободного разгона коленчатого вала;

- определение неисправностей двигателя на основании неравномерного вращения коленчатого вала на установившихся режимах работы.

Однако каждый из данных методов не обеспечивает высокую оперативность диагностики. В связи с этим целью экспериментальной части данного исследования является разработка и экспериментальное обоснование способа диагностики ДВС без необходимости разбора.

Методика. Был проведен анализ литературных источников, контент-анализ патентов, далее была реализована экспериментальная часть исследования. Также в ходе выполнения работы использовались следующие методы: структурно-функциональный метод, системный подход, формализация, сущностного анализа. Сначала был рассмотрен гидравлический привод клапанов ДВС. Далее были рассмотрены преимущества и недостатки схем гидропривода клапанов ДВС. После этого были оценены варианты связки поршня со стержнем клапана ДВС. Поршень гидроцилиндра может быть жестко связан со стержнем клапана ДВС или просто прижиматься своим днищем к тор-

цу его стержня. Первый вариант назовем непосредственным приводом, второй – толкающим приводом. После этого были оценены насос объемного типа (гидропривод объемного действия) и источник постоянного давления – рампа (аккумуляторный гидропривод) для подачи жидкости в гидроцилиндр. Также были рассмотрены механический, электромагнитный и пьезомеханический приводы, которые перемещают золотники для распределения жидкости в аккумулятором.

Выполненный контент-анализ продемонстрировал, что на основании изменения давления во впускном коллекторе можно осуществлять контроль установки фаз газораспределения. Исходя из этого, были сформулированы задачи экспериментальных исследований:

1. Собрать специализированную авторскую установку.

2. Выполнить эксперимент на установке, задавая различные значения фаз газораспределения.

3. Получить осциллограммы динамики давления во впускном коллекторе ДВС.

4. Выполнить сравнительный анализ экспериментальных осциллограмм давления посредством изучения сигнала датчика в следующих фазах: коленчатый вал опережает распределительный вал, нормальное положение, распределительный вал опережает коленчатый вал.

Поставленные задачи были реализованы в ходе выполнения исследования. Была собрана авторская установка, схема которой представлена на рисунке 1.

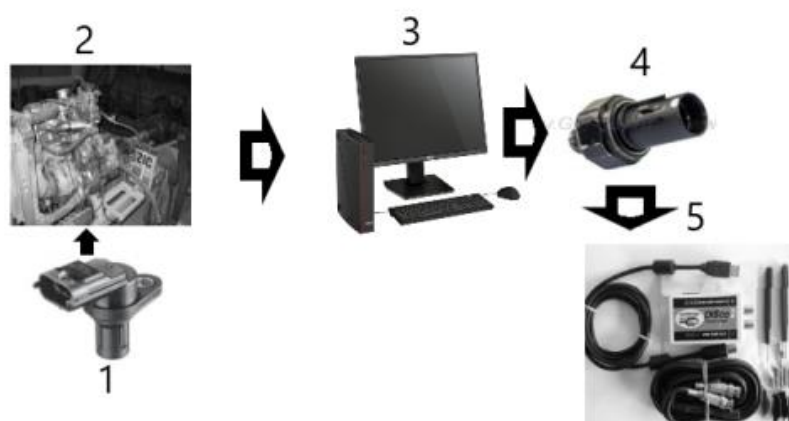


Рис. 1. Схема разработанной авторской установки, состоящей из 1 – датчика распределительного вала, 2 – четырехтактного ДВС с 4 цилиндрами (двигатель УЗАМ 412), 3 – ПК, 4 – датчика давления, 5 – USB-осциллографа (DISCO).

Методика проведения опытов:

1. Была собрана авторская установка.
2. Датчики уровня давления впускного коллектора регистрировали изменения давления и положения распределительного вала, при этом последний использовался для регистрации верхней мертвой точки 1-ого цилиндра при такте сжатия. Датчик давления использовался как мембранный электромагнитный датчик, при этом штуцер для отбора давления соединялся с впускным коллектором.
3. USB-осциллограф регистрировал показания с датчиков.

4. Было выполнено сравнение полученных кривых динамики давления во впускном коллекторе ДВС при разных фазах газораспределения, в частности, исследовались следующие фазы: коленчатый вал опережает распределительный вал, нормальное положение, распределительный вал опережает коленчатый вал.

Результаты. Проведенный контент-анализ позволил сопоставить количественные оценки эффективности используемых сегодня типов гидроприводных ГРМ ДВС: поршневых, гильзовых, золотниковых, клапанных.

	Поршневые ДВС	Гильзовые ДВС	Золотниковые ДВС	Клапанные ДВС
Минимальная мощность	2-3 Вт	2-3 Вт	2-3 Вт	2-3 Вт
Максимальная мощность	75 000 кВт	2574,4 кВт	185 кВт	100 000 кВт
Длительность фазы выпуска	160-165°	–	180-200°	150-165°
Длительность фазы продувки 110-	125°	–	–	120°

Полученные данные говорят о том, что более эффективными являются клапанные гидравлические ГРМ ДВС. Поэтому далее мы будем оценивать и рассматривать подтипы клапанных гидравлических ГРМ ДВС: с односторонним и двусторонним гидроприводом.

Также было выявлено, что в гидравлическом приводе клапанов ДВС механическая энергия в жидкостном насосе превращается в гидростатическую энергию давления. Жидкость поступает в гидроцилиндр, поршень которого, воздействуя на клапан двигателя, обеспечивает его перемещение [8].

В качестве рабочей жидкости гидропривода рассматриваются моторное масло или топливо. Использование топлива расширяет диапазон применимости гидропривода по температуре. Однако утечки топлива из гидропривода повышают пожароопасность и могут приводить к разжижению моторного масла. По этой причине в большинстве гидроприводов клапанов ДВС предполагается использование моторного масла.

Повышение КПД гидропривода клапанов достигается за счет снижения расхода жидкости в нем. Это реализуется путем увеличения рабочего давления жидкости. Увеличение давления в гидроприводе позволяет уменьшить размеры его элементов.

Теперь рассмотрим преимущества и недостатки схем гидропривода клапанов ДВС.

Возможно использование одностороннего или двухстороннего привода (рис.2). Если используется односторонний гидроцилиндр, то его поршень обеспечивает открытие клапана ДВС, а его закрытие осуществляется под действием клапанной пружины. Использование в приводе гидроцилиндра двухстороннего действия, поршень которого жестко связан с клапаном ДВС, позволяет принудительно открывать и закрывать орган газораспределения.

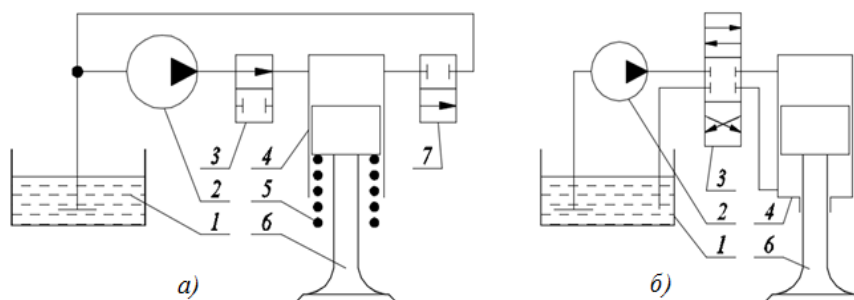


Рис. 2. Односторонний (а) и двухсторонний (б) приводы клапанов: 1 – бак; 2 – насос; 3 – золотниковый распределитель; 4 – гидроцилиндр; 5 – клапанная пружина; 6 – клапан ДВС

Преимуществами использования одностороннего гидропривода по сравнению с двухсторонним являются:

- возможность легкого интегрирования в двигатель традиционной конструкции;
- процесс заполнения цилиндра гидропривода и его опорожнения разнесен по времени, при этом течение жидкости осуществляется по коротким магистралям с малыми гидравлическими потерями;
- использование традиционного способа уплотнения зазора между стержнем клапана и его втулкой;

– использование компактных золотниковых распределителей, незначительная масса которых предполагает их высокое быстродействие.

- автоматическое закрытие клапана ДВС при отсутствии управляющих сигналов на золотниковых распределителях или разгерметизации гидропривода.

Недостатком одностороннего привода является ограничение скорости открытия клапана ДВС по критической скорости сжатия клапанной пружины.

Для двигателей с умеренной быстротой лучше подходит односторонний привод с позиции простоты реализации и автоматического закрытия клапана ДВС при большинстве неисправностей. Для высокооборотных двигателей целесообразно использовать двухсторонний привод, быстродействие которого не ограничивается критической скоростью пружины клапана.

Поршень гидроцилиндра может быть жестко связан со стержнем клапана ДВС или просто прижиматься своим днищем к торцу его стержня. Первый вариант назовем непосредственным приводом, второй – толкающим приводом.

Непосредственный привод клапана ДВС предполагает минимальную массу подвижных элементов. Между поршнем гидроцилиндра и клапаном невозможен разрыв кинематической связи. Это способствует высокому быстродействию привода. Однако для его реализации необходимо обеспечивать высокие требования соосности гидроцилиндра и направляющей втулки клапана. Резкое

торможение тяжелого клапана ДВС на вершине его подъема может вызвать выделение газовой фракции из рабочей жидкости гидропривода. Непосредственный двухсторонний привод клапана создает проблему уплотнения зазора вдоль стержня клапана, через который возможны утечки жидкости из гидроцилиндра.

Толкающий привод предполагает использование пружины для закрытия клапана. Его легче реализовать в двигателе традиционной конструкции. Однако разрыв кинематической связи ограничивает быстродействие и создает шум.

Применение непосредственного привода целесообразно для высокооборотного двигателя, толкающий привод удобен для двигателей умеренной быстроты

Подачу жидкости в гидроцилиндр можно реализовать насосом объемного типа (гидропривод объемного действия), либо от источника постоянного давления – ramпы (аккумуляторный гидропривод) (рис.3).

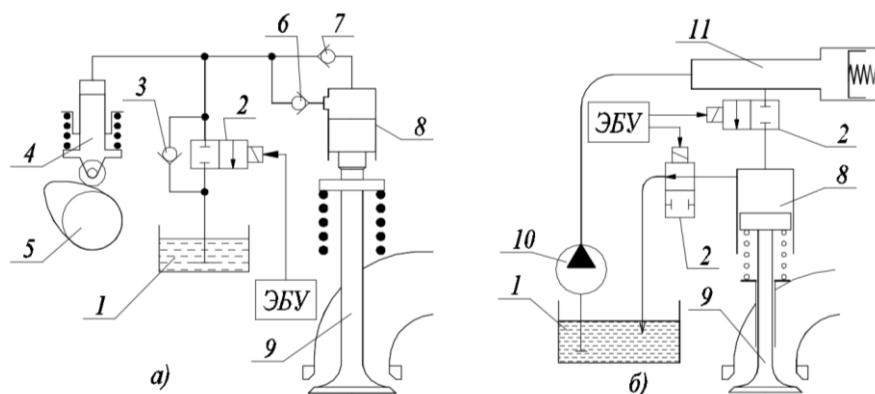


Рис. 3. Объемный (а) и аккумуляторный (б) приводы клапанов:

1 – бак; 2 – золотниковый распределитель с электромагнитным управлением; 3 – клапан подпитки; 4 – плунжерный насос; 5 – кулачок приводного вала; 6 – сливной клапан; 7 – питающий клапан; 8 – гидроцилиндр; 9 – клапан ДВС; 10 – насос; 11 – ramпа

В объемном гидроприводе подача жидкости в гидроцилиндр обеспечивается плунжерным насосом, приводимым от кулачка приводного вала. При этом кинематические параметры движения поршня гидроцилиндра и связанного с ним клапана двигателя определяются параметрами движения плунжера насоса.

В аккумуляторном приводе питание гидроцилиндра осуществляется от рампы, жидкость в которую нагнетает насос. Параметры движения клапана ДВС определяются режимом работы питающих и сливных золотниковых распределителей.

Объемный гидропривод клапанов не позволяет открывать клапан ДВС в произвольный момент рабочего цикла. Однако он обладает высоким быстродействием и высокой надежностью работы. Имеются примеры применения объемного гидропривода в серийных двигателях легковых автомобилей [9] и в судовых ДВС [10]. Аккумуляторный гидропривод обладает высокой гибкостью управления, он допускает открытие и закрытие клапана ДВС в любой момент цикла работы двигателя [11]. Существуют примеры применения аккумуляторного привода клапанов ДВС при определении оптимальных фаз газораспределения на этапе доводки двигателя. Такие экспериментальные приводы используются фирмами Lotus [12].

Существенным преимуществом гидропривода клапанов ДВС является возможность изменения моментов открытия и закрытия клапанов. Однако такое преимущество реализовывалось не всегда. Известны варианты применения объемного гидропривода с фиксированными фазами газораспределения в судовых ДВС.

Влиять на закон перемещения клапана при объемном гидроприводе можно путем из-

менения активного хода плунжера насоса, которое реализуется теми же способами, что и в многоплунжерном топливном насосе высокого давления. Другим способом влияния на закон работы клапана ДВС является слив части жидкости из гидропривода [13].

В аккумуляторном приводе распределение жидкости осуществляется золотниковыми распределителями. Перемещение их золотников может осуществляться посредством механического, электромагнитного или пьезомеханического привода.

Механический привод распределителя удобно использовать для ГРМ с фиксированными фазами газораспределения, так как он обладает высокой надежностью. Для изменения фаз газораспределения целесообразно использовать электромагнитный или пьезомеханический привод золотниковых распределителей. Чаще рассматривается электромагнитный привод. Однако в силу индуктивности катушки электромагнита он имеет ограничение по быстродействию. Для форсирования привода распределителя по быстродействию приходится использовать маловитковые катушки и высоковольтное питание. Электромагнитный привод золотников подходит двигателям малой и средней быстроходности.

Пьезомеханический привод предполагает использование набора пьезоэлементов, соединенных в столбик. При изменении напряжения на пьезоэлементах столбик практически мгновенно (менее 0,1 мс) изменяет свой размер. Пьезостолбик воздействует на распределитель через рычаг, обеспечивающий требуемую величину перемещения золотника. Такой привод более экономичен, чем электромагнитный, так как он практически не нагревается в процессе работы. Непосредственный привод пьезостолбиком зо-

лотника затруднителен вследствие малых величин его деформации.

В результате экспериментальной части работы было выявлено, что на участке, где давление повышается, осцилограммы сильно отличаются, а при снижении давления, существенных отличий нет. Разница амплитуд была несущественной. Поэтому сравнение полученных данных на основании параметров повышения давления является наиболее обоснованным. На полученных осциллограммах этому соответствовал участок между значениями давления в 0.025 и 0.15 В. При этом угол коленчатого вала при смещениях фаз различался, хотя значения давления были на одном уровне.

Фазовые смещения осциллограммы динамики давления впускного отверстия говорят

об общем смещении фаз. Было выявлено, что цилиндры имеют одинаковые смещения кривой повышения давления. Из этого вытекает, что анализ и сравнение целесообразно осуществлять от работы любого цилиндра.

Несколько измерений давления в интервале повышения позволят рассчитать, насколько распределительный вал смещается от коленчатого вала. Полученные измерения позволяют составить уравнение для описания участка повышения давления. Полученное уравнение при этом выглядит следующим образом:

$$Y=A_1(\beta+\beta_0)^2+A_2(\beta+\beta_0)+A_3.$$

В данном уравнении коэффициенты полинома выражаются символами A_1 , A_2 и A_3 , β отражает текущее положение распределительного вала, а β_0 – это начальное смещение распределительного вала по отношению к коленчатому валу.

Если распределительный вал находится в нормальном положении, β_0 равно 0. Если приравнять уравнение нормального положения

и уравнение, которое было получено при диагностировании, производится вычисление β_0 в градусах. Если β_0 имеет положительное значение, распределительный вал отстает от коленчатого вала; если β_0 имеет отрицательное значение, распределительный вал опережает коленчатый вал. Чтобы определить шаг зуба газораспределения, используется следующая формула:

$$\rho_{ш} = \frac{360^\circ}{z} \quad (1)$$

В данной формуле z означает, сколько на шестерне зубьев.

Если есть β_0 , можно рассчитать, на сколько зубьев сместится фаза. Для этого

необходимо использовать следующую формулу 2:

$$Z_0 = \frac{\beta_0}{\rho_{ш}}, \quad (2)$$

Для лучшего представления полученных результатов приведем сравнение полученных экспериментальных кривых колебаний давления во впускном коллекторе в трех фазах: коленчатый вал опережает распределительный вал, нормальное положение, распределительный вал опережает коленчатый вал (рис. 4).

Также была получена зависимость повышения давления во впускном коллекторе от угла коленчатого вала в трех фазах: коленчатый вал опережает распределительный вал, нормальное положение, распределительный вал опережает коленчатый вал (рис. 5).

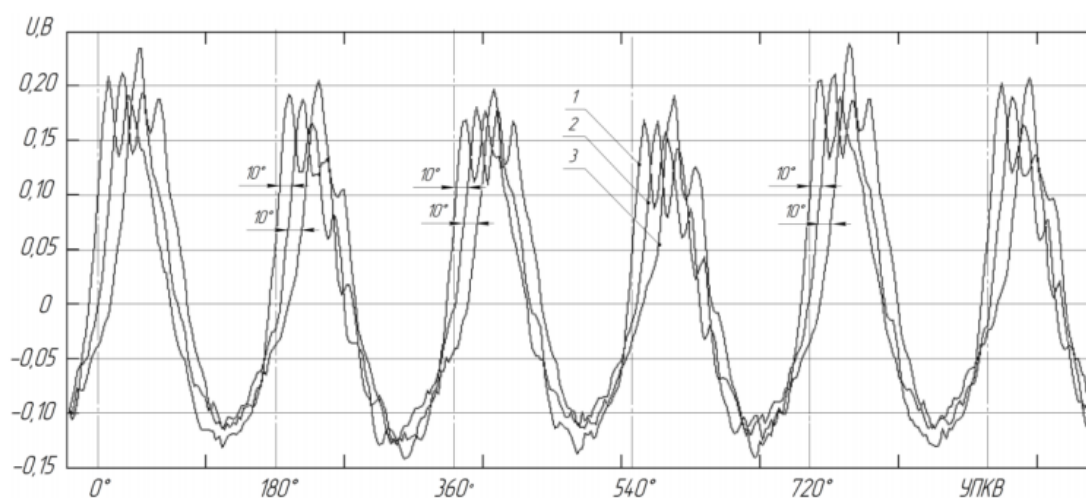


Рис. 4. Сравнение полученных экспериментальных кривых колебаний давления во впускном коллекторе в трех фазах: 1 – коленчатый вал опережает распределительный вал, 2 – нормальное положение, 3 – распределительный вал опережает коленчатый вал

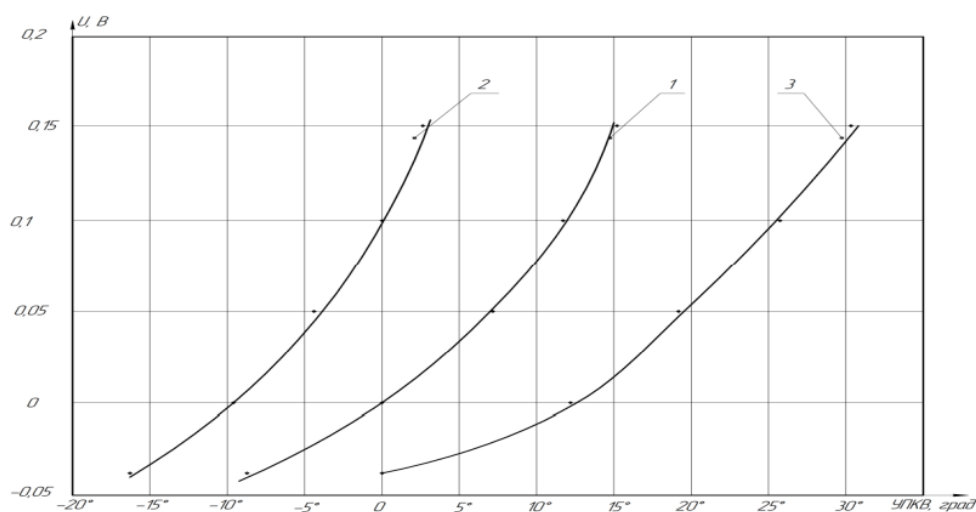


Рис. 5. Зависимость повышения давления во впускном коллекторе от угла коленчатого вала в трех фазах: коленчатый вал опережает распределительный вал, нормальное положение, распределительный вал опережает коленчатый вал

Степень достоверности полученных результатов исследования подтверждена:

– проведенным всесторонним системным анализом текущего состояния производимых исследований поставленных научных задач;

– корреляцией данных математических моделей и выполненных расчетов с полученными в процессе эксплуатации авторской установки;

– калибровкой и точностью USB-осциллографа (DISCO).

Выводы. Таким образом, все рассмотренные варианты гидравлического привода клапанов ДВС имеют свои особенности. Полученные данные говорят о том, что наиболее эффективными являются клапанные гидравлические ГРМ ДВС. Для высокооборотных ДВС наиболее перспективным является применение гидропривода двухстороннего действия аккумуляторного типа с электромагнитным или пьезомеханическим приводом золотников распределителей. Для ДВС умеренной быстроходности удобнее применять

односторонний аккумуляторный гидропривод с приводом золотников распределителей с помощью электромагнита.

Предлагаемый метод безразборной диагностики двигателя заключается в контроле над установкой фаз газораспределения на основании изменения уровня давления во впускном коллекторе. Данный метод обладает существенными преимуществами:

1. Разработанный экспериментальный метод открывает возможность вычислить смещение фаз газораспределения, отказавшись от разбора двигателя.

2. Минимизируется время диагностики ГРМ ДВС.

3. Описанный метод характеризуется высокой точностью, в ходе выполненных экспериментов погрешность не превышает 5%.

4. Представленное описание предлагаемого метода говорит об автоматизации диагностики, что позволяет минимизировать ошибки из-за человеческого фактора.

Литература

1. Вырубов Д.Н., Ефимов С.И., Иващенко Н.А. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей. М.: Машиностроение, 1977. 592 с.
2. Corcione F. E. The Proceedings of the International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines // The Japan Society of Mechanical Engineers. 2001. №3/69. P. 52-56.
3. Doerr T. The Significance of Fuel Preparation for Low Emissions Aero-Engine Combustion Technology. ICLASS 2012, 12th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Heidelberg, Germany, September 2–6. 2012.
4. R. Safiullin, M. Kerimov, A. Afanasyev. Study of the influence of the energoinformational field on quality of the fuel applied in internal combustion engines of road-building machinery // AEJ. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/study-of-the-influence-of-the-energoinformational-field-on-quality-of-the-fuel-applied-in-internal-combustion-engines-of-road-building> (дата обращения: 30.05.2021).
5. Jankowski A., Kowalski M. Alternative Fuel in the Combustion Process of Combustion Engines, Journal of KONBIN. 2018. 48 (4), P. 55–68.
6. Stężycki P., Kowalski M., Jankowski A., Sławinski Z. Laser research of the fuel atomization process of internal combustion engines // Наука и техника. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/laser-research-of-the-fuel-atomization-process-of-internal-combustion-engines> (дата обращения: 30.05.2021).

7. Jankowski A., Kowalski M. Influence of the Quality of Fuel Atomization on the Emission of Exhaust Gases Toxic Components of Combustion Engines // Journal of KONBIN, 36 (1), P. 43–50.
8. Набережных А.И. А.В. Деменев, А.И. Данилов. Теория и практика создания малошумных и энергоэффективных герметичных хладоновых компрессоров // Сборник научных трудов «Современная российская наука глазами молодых исследователей» Материалы III Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Научно-Инновационный Центр. 2013. С. 188-208.
9. Технология MultiAir. Дайте больше воздуха. URL: https://5koleso.ru/articles/garazh/tehnologiya_multiair_daite_bolshe_vozduha/ (дата обращения: 20.04.2021).
10. Конструкция выпускного клапана дизелей фирмы Зульцер типа RTA-58. URL: <https://mirmarine.net/dvs/detali-uzly-i-sistemy-dizeleya/501-konstruksiya-vypusknogo-klapana-dizelej-firmy-zultser-tipa-rta-58/> (дата обращения: 20.04.2021).
11. Березовский А.Б., Гатаулин Н.А., Зимина Л.А., Максимов А.В., Валеев Д.Х., Гумеров И.Ф., Хафизов Р.Х.. Численное исследование газораспределительного механизма с электрогидравлическим приводом // Журнал автомобильных инженеров. 2015. №5 (94). С.16-22.
12. Expanding Combustion Knowledge – Lotus AVT. URL: <https://lotusproactive.wordpress.com/2014/04/09/expanding-combustion-knowledge-lotus-avt-system/?shared=email&msg=fail/> (дата обращения: 20.04.2021).
13. Крайнюк А.И. Регулируемые системы газораспределения ДВС: монография. Луганск : Изд-во СНУ им. В. Даля, 2006. 232 с.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DIAGNOSTICS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITHOUT DISASSEMBLING

A.V. Maksimov;

L.A. Zimina;

A.B. Berezovsky, Cand. Tech. Sci.;

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI,
10, Building No. 1, Karl Marx St., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420111

ABSTRACT

The traditional mechanical gas distribution mechanism (GRM) of internal combustion engines (ICE) has a high valve drive efficiency, but it has some drawbacks. To remove the limitations inherent in the traditional timing belt, hydraulic, electromagnetic, pneumatic ICE valve drives are being actively developed. This helps to improve the performance of the engine. The purpose of the work is to study and comparative analysis of modern configurations of hydraulic drive timing for internal combustion engines to determine the most effective solutions. The analysis of literary sources, content analysis of patents was carried out. Also, in the course of the work, the following methods were used: structural-functional method, systems approach, formalization, essential analysis. The experimental part of the study was also implemented – the development and experimental substantiation of a method for diagnosing an internal combustion engine without the need for disassembly. It was revealed that the increase in the efficiency of the hydraulic valve drive is achieved by reducing the flow of fluid in it. This is done by increasing the working pressure of the fluid. Increasing the pressure in the hydraulic drive allows you to reduce the size of its elements. It is possible to use a one-way or two-way drive. If a

one-way hydraulic cylinder is used, then its piston ensures the opening of the internal combustion engine valve, and its closing is carried out by the action of the valve spring. The use of a double-acting hydraulic cylinder in the drive, the piston of which is rigidly connected to the ICE valve, allows forcibly opening and closing the gas distribution element. The piston of the hydraulic cylinder can be rigidly connected to the valve stem of the internal combustion engine or simply press its bottom against the end of its stem. The authors call the first option a direct drive, the second – a push drive. The direct drive of the internal combustion engine valve assumes a minimum mass of moving parts. A push actuator uses a spring to close the valve. In the course of the experimental part, the developed experimental method opens up the possibility of calculating the displacement of the valve timing, abandoning the disassembly of the engine.

Key words: hydraulic valve drive, hydraulic drive circuits, advantages, disadvantages

References

1. Vyubov D.N., Efimov S.I., Ivashhenko N.A. Dvigateli vnutrennego sgoranija: Konstruirovanie i raschet na prochnost' porshnevnyh i kombinirovannyh dvigatelej (Internal Combustion Engines: Design and Strength Calculation of Reciprocating and Combined Engines), M, Mashinostroenie, 1977, 592 p.
2. Corcione F. E. The Proceedings of the International Symposium on Diagnostics and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines, The Japan Society of Mechanical Engineers, 2001, No. 3/69, Pp. 52-56.
3. Doerr T. The Significance of Fuel Preparation for Low Emissions Aero-Engine Combustion Technology. ICLASS 2012, 12th Triennial International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Heidelberg, Germany, September 2–6, 2012.
4. R. Safiullin, M. Kerimov, A. Afanasyev. Study of the influence of the energoinformational field on quality of the fuel applied in internal combustion engines of road-building machinery, AEJ. 2017. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/study-of-the-influence-of-the-energoinformational-field-on-quality-of-the-fuel-applied-in-internal-combustion-engines-of-road-building> (data obrashhenija: 30.05.2021).
5. Jankowski A., Kowalski M. Alternative Fuel in the Combustion Process of Combustion Engines// Journal of KONBIN, 2018, 48 (4), Pp. 55–68.
6. Steżycki P., Kowalski M., Jankowski A., Sławinski Z. Laser research of the fuel atomization process of internal combustion engines, Nauka i tehnika, 2020, No. 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/laser-research-of-the-fuel-atomization-process-of-internal-combustion-engines> (data obrashhenija: 30.05.2021).
7. Jankowski A., Kowalski M. Influence of the Quality of Fuel Atomization on the Emission of Exhaust Gases Toxic Components of Combustion Engines, Journal of KONBIN, 36 (1), Pp. 43–50.
8. Naberezhnyh A.I. A.V. Demenev, A.I. Danilov. Teorija i praktika sozdaniya maloshumnyh i jenergojeffektivnyh germetichnyh hladonovyh kompressorov (Theory and practice of creating low-noise and energy-efficient hermetic refrigerant compressors), Sbornik nauchnyh trudov «Sovremennaja rossijskaja nauka glazami molodyh issledovatelej» Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenykh i specialistov, Nauchno-Innovacionnyj Centr, 2013, Pp. 188-208.
9. Tehnologija MultiAir. Dajte bol'she vozduha (MultiAir technology. Give more air), URL: https://5koleso.ru/articles/garazh/tehnologiya_multiair_dajte_bolshe_vozduha/ (data obrashhenija: 20.04.2021).
10. Konstrukcija vypusknogo klapana dizelej firmy Zul'cer tipa RTA-58 (10. The design of the exhaust valve of Sulzer diesel engines of the RTA-58 type), URL: <https://mirmarine.net/dvs/detali-uzly-i-sistemy-dizelya/501-konstruktsiya-vypusknogo-klapana-dizelej-firmy-zultser-tipa-rta-58/> (data obrashhenija: 20.04.2021).
11. Berezovskij A.B., Gataullin N.A., Zimina L.A., Maksimov A.V., Valeev D.H., Gumerov I.F., Hafizov R.H.. Chislennoe issledovanie gazoraspredivitel'nogo mehanizma s jelektrogidravlicheskim privodom (Numerical study of a gas distribution mechanism with an electrohydraulic drive), Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov, 2015, No. 5 (94), Pp.16-22.

12. Expanding Combustion Knowledge – Lotus AVT. URL:
<https://lotusproactive.wordpress.com/2014/04/09/expanding-combustion-knowledge-lotus-avt-system/?shared=email&msg=fail/> (data obrashhenija: 20.04.2021).

13. Krajnjuk A.I. Reguliruemye sistemy gazoraspredelenija DVS: monografija (Adjustable gas distribution systems for internal combustion engines: monograph), Lugansk: Izd-vo SNU im. V. Dalja, 2006, 232 p.