

ТРАНСПОРТНЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.43.052

Абрамчук Ф.И., Пойда А.Н., Кабанов А.Н., Дзюбенко А.А., Кузьменко А.П.,
Майстренко Г.В.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ДОВОДКИ ГАЗОВОГО МАЛОЛИТРАЖНОГО БЫСТРОХОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Введение. Истощение нефтяных месторождений, повышение мировых цен на нефть, постоянное ужесточение требований к экологическим показателям транспортных средств вынуждают искать замену традиционному нефтяному топливу. Сжатый природный газ является одним из наиболее эффективных альтернативных видов топлив [1]. Во всем мире происходит перевод парка двигателей, работающих на жидком нефтяном топливе на сжатый природный газ [2-4]. Для исследования и доводки параметров рабочего процесса двигателя и систем его управления необходим специальный стенд, который позволяет измерять все необходимые параметры, определяющие индикаторные и эффективные показатели работы двигателя.

Прогресс в области электроники, появление многоканальных быстродействующих аналого-цифровых преобразователей (АЦП) значительно расширили возможности современных аппаратных средств. Особенно большой толчок в исследовательских работах дало использование автоматизированных систем на базе персональных компьютеров (ПК). Открылись большие возможности в оперативной регистрации и обработке быстроизменяющихся процессов поршневых ДВС.

Анализ публикаций. В настоящее время накоплен значительный опыт создания специальных стендов для доводки газовых двигателей [5-7]. Такие стенды оборудованы классическими системами топливоподачи и зажигания, которые дают возможность ручного управления параметрами. Микропроцессорные системы управления, которыми оснащены современные двигатели, не позволяют изменять коэффициент избытка воздуха и УОЗ в ручном режиме. Поэтому поставлена задача дополнительно разработать ряд устройств, которые позволят изменять количество топлива и УОЗ в широком диапазоне, не изменяя характеристических карт микропроцессорной системы управления.

Объект исследования и постановка задачи. Серийно выпускаемый в настоящее время ГРП "АвтоЗАЗ-Мотор" ЗАО "ЗАЗ" и устанавливаемый на автомобили "Sens" двигатель МеМЗ-307 эксплуатируется на бензине АИ-95. В серийном исполнении: диаметр цилиндра – 75 мм; ход поршня – 73,5 мм; степень сжатия 9,8; эффективная мощность – 51,5 кВт при частоте вращения 5200 мин⁻¹. Микропроцессорная система управления двигателем "Микас 10.3".

В данной работе поставлена задача создания автоматизированного стенда для исследования рабочего процесса двигателя, который приспособлен для работы на сжатом природном газе. Для выбора и обоснования параметров рабочего процесса необходим полный комплекс измерительной аппаратуры, удовлетворяющий следующим тре-

бованиям:

- возможность работы на бензине и на сжатом природном газе;
- возможность управления составом рабочей смеси, как при работе на бензине, так и на природном газе;
- возможность принудительного управления величиной угла опережения зажигания;
- измерение момента сопротивления на валу двигателя во всем диапазоне изменения частоты вращения ($n = 800 \dots 5590 \text{ мин}^{-1}$);
- регистрация давления в цилиндре двигателя (индикаторная диаграмма) с последующим определением индикаторных показателей;
- регистрация расхода воздуха и топлива;
- поддержание стабильного температурного режима двигателя.

Кроме того, автоматизированная система исследования должна обеспечивать сбор экспериментальных данных, для оперативной обработки и набора базы данных.

Структурная схема стенда. Для возможности плавного изменения момента сопротивления на валу двигателя, при проведении испытаний, стенд оборудован электрическим нагрузочным устройством МПБ-100 1 (рис.1.). Для передачи мощности от двигателя к балансирной машине используется механическая коробка передач ВА3 2103, которая позволяет работать в широком диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя, а также карданной передачи. Стенд оборудован дополнительным воздушным вентилятором 15, а также дополнительным теплообменником 7, при помощи которых можно моделировать температурный режим максимально приближенный к реальным условиям эксплуатации. С той же целью на стенде установлен глушитель шума и резонатор от штатной системы выпуска отработавших газов автомобиля "Sens". Для изменения сопротивления выпускной системы предусмотрена заслонка 33.

Для исследования работы двигателя на альтернативных газообразных видах топлива стенд оборудован газовой системой 4-го поколения, которая включает в себя: каскад баллонов с запасом газа 5, двухступенчатый газовый редуктор 10, магистраль высокого и низкого давления, газовую рампу с форсунками 16, блок управления газовой системой 18. Для выбора вида топлива на панели пульта управления 22 предусмотрен переключатель 31.

Исследования в области эргономики рабочего места оператора [9] показывают, что наибольшую информативность для человека несет визуальное наблюдение за низкочастотным процессом, поэтому в качестве регистрирующих приборов используются демпфированные стрелочные измерители (8,11,13,30,39), а также светоизлучающие цифровые индикаторы (23-28).

Синтез системы автоматического сбора данных. Основной задачей системы автоматического сбора данных (САСД) является обеспечение исследования набором данных, характеризующих ход протекания эксперимента. Для экспериментов различного рода необходимо охватить достаточно много параметров. А построение многоканальной измерительной системы, для сигналов различного рода, является трудоемкой и дорогостоящей работой. Поэтому, используя опыт, полученный при построении автоматизированной системы исследования двигателей [8], для построения САСД было решено использовать альтернативные функции электронного блока управления (ЭБУ).

На двигателе MeM3-307 установлен ЭБУ "Микас-10.3", который кроме основной функции управления, имеет встроенные функции мониторинга и диагностики. Используя ПК, со специальным программным обеспечением (ПО), и устройство связи (K-line адаптер) (рис.2.), производится опрос ЭБУ, получая текущие значения сигналов датчи-

ков и управляющих воздействий. Кроме того ПО позволяет использовать и функцию диагностики для быстрого поиска и устранения неисправностей.

Система управления впрыском газа использует ЭБУ "OMVL", который также имеет функцию мониторинга и подключается к ПК посредством специального OMVL адаптера.

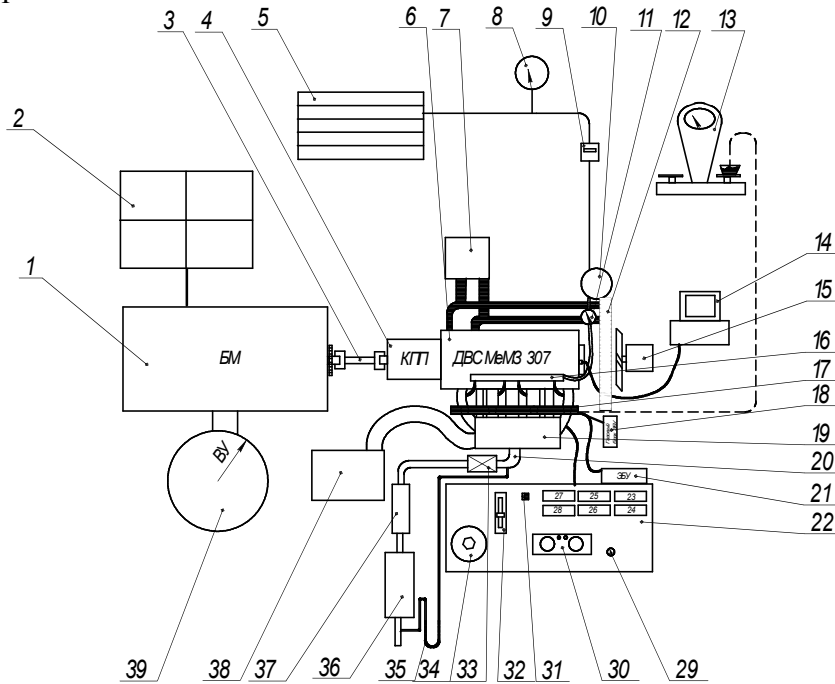


Рисунок 1 - Структурная схема моторного стенда на базе двигателя MeM3-307:

1-балансирная машина; 2-набор сопротивлений; 3-карданная передача; 4-коробка передач ВАЗ-2103; 5-запас газового топлива; 6-двигатель MeM3-307; 7-водяной теплообменник; 8-манометр; 9-расходомер газа; 10-двухступенчатый газовый редуктор; 11-манометр; 12-радиатор двигателя; 13-весы для измерения расхода жидкого топлива; 14-измерительно-вычислительный комплекс; 15-вентилятор; 16-газовая рампа с форсунками; 17-бензиновая рампа с форсунками; 18-ЭБУ газовой системы; 19-впускной коллектор; 20-выпускной коллектор; 21-ЭБУ двигателя; 22-пульт управления; 23-прибор для измерения температуры ОЖ; 24-прибор для измерения температуры масла; 25-прибор для измерения температуры ОГ; 26-прибор для измерения давления масла в системе смазки; 27-прибор для измерения частоты вращения коленчатого вала; 28-прибор для измерения частоты вращения ротора балансирной машины; 29-замок зажигания; 30-приборная панель автомобиля; 31-переключатель вида топлива; 32-рукоятка для управления дроссельной заслонкой; 33-устройство для изменения сопротивления выпускной системы; 34-устройство для управления нагрузкой на ДВС; 35-прибор для измерения сопротивления выпускной системы; 36-глушитель шума; 37-резонатор; 38-расходомер воздуха; 39-весовое устройство для измерения нагрузки.

Частота опроса ЭБУ составляет 5 Гц, что, в связи с инерционностью двигателя, вполне достаточно для записи перечисленных параметров не только для статических, но и для переходных режимов.

Синтез программно-аппаратного измерительного комплекса. Задачей измерительного комплекса является регистрация быстропротекающих процессов ДВС. В диагностических целях для этого в основном используют осциллограф, но для исследования ДВС, в особенности на переходных режимах, требуются наборы статистических данных подряд записанных циклов. Кроме того количество требуемых параметров зачастую превышает количество каналов осциллографов общего применения.

Одним из таких параметров является кривая изменения давления в цилиндре (индикаторная диаграмма), что даёт наглядное представление об изменении параметров состояния рабочего тела в течение цикла. Для обработки индикаторная диаграмма должна сопровождаться различными метками синхронизации, такими как верхняя мертвая точка (ВМТ), нижняя мертвая точка (НМТ), момент зажигания (МЗ) и т.п. Поэтому для разработки измерительного комплекса было решено использовать многоканальное устройство ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в персональных компьютерах на базе платы L-783 (ЗАО «Л-Кард»).

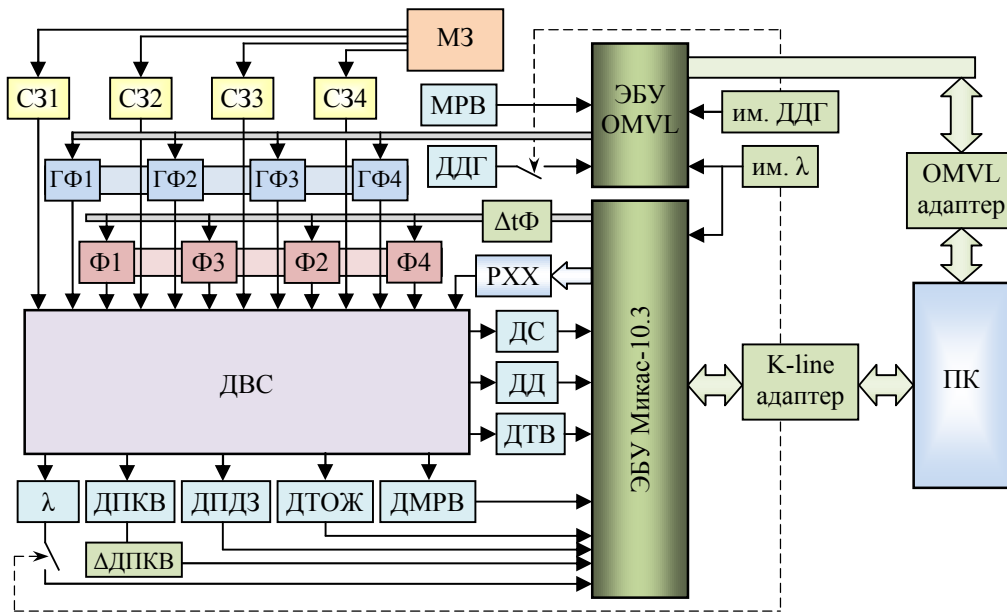


Рисунок 2 - Структурная схема САСД

САСД позволяет получать следующие параметры:

- частота вращения коленчатого вала двигателя (мин^{-1});
- положение дроссельной заслонки (%);
- угол опережения зажигания (град. п.к.в.);
- длительность импульса впрыска топлива (мс);
- массовый расход воздуха (кг/ч);
- давление во впускном коллекторе (мм.рт.ст.);
- температура охлаждающей жидкости ($^{\circ}\text{C}$);
- температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$);
- расчетный часовой расход топлива (л/ч);
- расчетный путевой расход топлива (л/100км);
- скорость автомобиля (км/ч);
- напряжение бортовой сети (В);
- фактическое положение шагового мотора РХХ (шаг);
- напряжение на датчике кислорода (В);
- время накопления импульса зажигания (мс);
- температура газа в редукторе ($^{\circ}\text{C}$);
- температура газа в рампе ($^{\circ}\text{C}$);
- давление газа в рампе (Па);
- время открытия газовой форсунки (мс).

Технические характеристики платы L-783:

- интерфейс связи РСІ;
- 16 дифференциальных каналов или 32 канала с общей землей для аналогового ввода;
- максимальная частота работы 12-ти битного АЦП – 2857(3300) кГц;
- два входа для внешней синхронизации при вводе сигнала;
- порт цифрового ввода/вывода, имеющий 16 входных и 16 выходных линий;
- диапазоны входного сигнала ± 5 В, $\pm 2,5$ В, $\pm 1,25$ В, $\pm 0,625$ В.

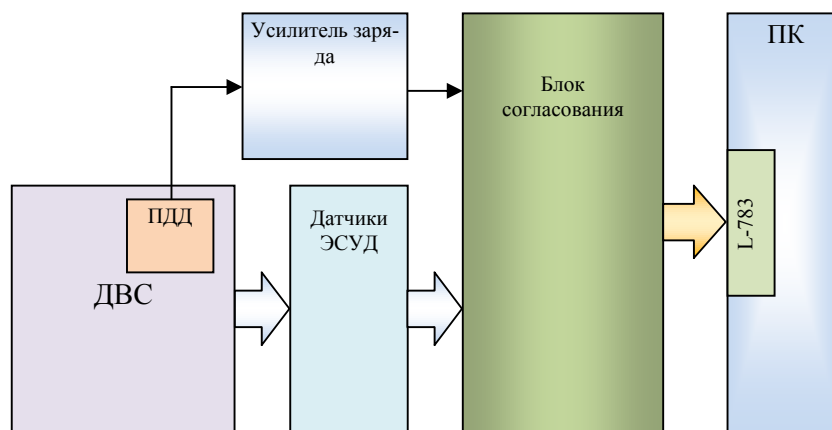


Рисунок 3 - Структурная схема измерительного комплекса

Структурная схема измерительного комплекса представлена на рис. 3. Здесь сигналы штатных датчиков ЭСУД и пьезоэлектрического датчика давления (ПДД) через усилитель заряда поступают на блок согласования, в котором происходит преобразование и нормирование сигналов по уровню, во избежание превышения предельно-допустимых значений по входу устройства ввода-вывода. Далее посредством АЦП сигналы оцифровываются и поступают в компьютер. В качестве программного обеспечения ПК используется программа Power Graph, которая имеет расширенные функции предварительной настройки. Это позволяет настроить канал измерения давления на отображение сигнала в МПа для адекватного восприятия получаемых данных во время эксперимента.

Для установки датчика давления в первом цилиндре головки цилиндров был выполнен специальный канал. Обеспечение стабильного температурного режима датчика достигается принудительным водяным охлаждением. Пример работы программно-аппаратного комплекса представлен на рис. 4.

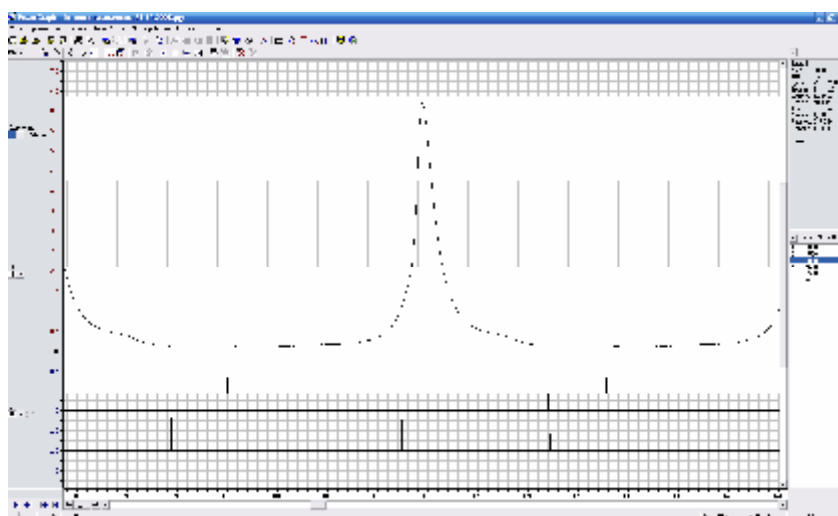


Рисунок 4 - Фрагмент работы программно-аппаратного измерительного комплекса

Обоснование и разработка дополнительных устройств стенда. Для работы ДВС на обедненных смесях, а также для доводки параметров рабочего процесса двигателя при работе на газовом топливе, необходимо обеспечить возможность принудительного управления количеством топлива в составе топливовоздушной смеси, и углом опережения зажигания. Для этого на стенде задействовано несколько способов и устройств.

Применение ЭБУ не дает возможности управлять бензовоздушной смесью в ручном режиме, а изменение программы блока, во-первых, приводит к нарушению заводских настроек, во-вторых, не позволяет изменять коэффициент избытка воздуха динамически, непосредственно во время эксперимента. Поэтому было разработано устройство, в задачи которого входят: измерение текущего времени впрыска, динамическое изменение времени впрыска на заданную величину, отображение информации о текущих параметрах. Устройство включено в разрыв цепи управления клапанами форсунок, и обеспечивает дискретное изменение текущего времени впрыска в пределах $\pm 20\%$.

Для нормального функционирования устройства управления топливоподачей необходимо использовать имитатор датчика кислорода, чтобы исключить коррекцию электронного блока по сигналу обратной связи с датчика кислорода. Имитатор отключает датчик и на вход ЭБУ подает сигнал, что коэффициент избытка воздуха находится в пределах $\alpha \approx 1$.

Контроллер газовой системы OMVL производит коррекцию времени открытия газовых форсунок (ГФ, рис.2.) по сигналу датчика давления в газовой рампе (ДДГ). Принудительное управление газовой смесью обеспечивается на двух уровнях: первый – установкой необходимого давления в газовой рампе при помощи редуктора, второй – отключением штатного ДДГ и подачей сигнала с имитатора датчика давления ("им. ДДГ") на вход ЭБУ. Такой способ управления охватывает широкий диапазон изменения коэффициента избытка воздуха и позволяет производить оперативные воздействия во время эксперимента.

Синхронизация работы двигателя и ЭСУД производится по сигналу датчика положения коленчатого вала (ДПКВ). Из всех управляющих воздействий электронного блока только момент зажигания имеет жесткую привязку к положению КВ. Используя этот фактор, разработан вариатор сигнала ДПКВ ("ΔДПКВ", рис.2.), который включается в разрыв цепи датчика и позволяет смещать сигнал ДПКВ на заданный угол.

Основными задачами вариатора являются измерение параметров сигнала ДПКВ, формирование сигнала приемлемой для ЭБУ амплитуды и формы со смещением на заданный угол, обеспечение динамической работы системы, измерение и отображение УОЗ на входе и на выходе системы. Пример работы вариатора приведен на рис. 5, где A – оцифрованный сигнал штатного датчика, B – напряжение на первичной обмотке катушки зажигания 1/4 цилиндров, C – сигнал вариатора ДПКВ, $\Delta\varphi$ – угол смещения сигнала, $\theta_{вх}$ – УОЗ на входе системы (подразумевается угол относительно сигнала вариатора), $\theta_{вых}$ – УОЗ на выходе системы (угол относительно сигнала датчика)

$$\theta_{вых} = \theta_{вх} + \Delta\varphi. \quad (1)$$

Таким образом, вариатор сигнала ДПКВ позволяет получать смещенный УОЗ $\Delta\varphi$. Диапазон смещения составляет $\pm 18^\circ$ с дискретностью в 1 град. п.к.в.

Абрамчук Ф.І., Пойда А.М., Кабанов О.М., Дзюбенко О.О., Кузьменко А.П.,
Майстренко Г.В.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ І ДОВЕДЕННЯ ГАЗОВОГО
МАЛОЛІТРАЖНОГО ШВИДКОХІДНОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО
ЗГОРЯННЯ

Розглянуто питання створення автоматизованого стенда для проведення робіт з дослідження робочих процесів двигуна, спрямованих на створення малолітражного екологічно чистого двигуна внутрішнього згорання. Використано принципи побудови раніше розробленої автоматизованої системи дослідження, з рядом додаткових пристроїв для управління подачею палива і кутом випередження запалювання.

Abramchuk F.I., Poyda A.N., Kabanov A.N., Dzubenko A.A., Kuzmenko A.P.,
Maystrenko G.V.

AUTOMATIZED TEST BENCH FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT OF GAS
SMALL-CAPACITY HIGH-SPEED INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Questions of creation of automatized test bench for carrying out of engine operation research works, which aimed at creation of small-capacity ecologically clean internal combustion engine. Construction principles of earlier developed automatized research system with a number of additional devices for fuel supply and spark angle management are used.
