

Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.Н. Кабанов, А.А. Дзюбенко, М.С. Липинский
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ БГЧН 13/14 С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ И СИСТЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПОДАЧИ ГАЗА

В работе приведено описание экспериментальной установки для проведения научно-исследовательских работ, направленных на оптимизацию рабочего процесса газового двигателя БГЧН 13/14, оснащенного искровым зажиганием и системой распределенной подачи газа.

Ключевые слова: *газовый двигатель, система зажигания, измерительная аппаратура, система газотурбинного наддува, система распределенной подачи газа.*

Введение

Современные темпы роста цен на топлива нефтяного происхождения, а также ужесточение экологических требований предъявляемых к токсичности отработавших газов ставят задачу поиска альтернативных, более дешевых и экологически чистых видов моторного топлива. К таким видам топлива следует относить природный газ, нефтяной газ, биогаз, водород, метанол и др.

По оценкам специалистов [1] наиболее экологически чистым моторным топливом является природный газ. Использование природного газа в двигателе позволяет повысить степень сжатия и осуществить концепцию двигателя работающего на бедных смесях, что позволяет расширить пределы воспламенения топливовоздушной смеси [2], тем самым обеспечить низкую токсичность отработавших газов [3] и высокую топливную экономичность.

Наиболее целесообразным является использование природного газа в дизельных двигателях. Использование газообразного топлива в двигателях такого типа, можно осуществить двумя основными способами:

- использованием газодизельного цикла;
- конвертированием дизельного двигателя в газовый двигатель с искровым зажиганием.

Анализ публикаций

Вопросам использования газового топлива в конвертированных из дизеля газовых двигателях с искровым зажиганием уделено значительное внимание как коллегами ближнего зарубежья [4,5], так и отечественными исследователями [6-13]. В перечисленных материалах приводится информация о создании экспериментальных стендов и опытных образцов газовых двигателей конвертированных из дизеля. В описываемых установках отдано предпочтение использованию рабочего процесса с коэффициентом избытка воздуха равным $\alpha = 1,2 \div 1,6$, использованию систем зажигания высокой энергии в комплексе с системой газотурбинного наддува.

Большинство описываемых экспериментальных установок снабжены газовыми системами питания, принцип работы которых основан на смешении газового топлива с воздухом в смесителе. В продольном сечении смеситель имеет сложную геометрическую конфигурацию, выполненную в виде сопла Лаваля. Работоспособность такого смесителя определяется его геометрическими параметрами.

Однако ужесточение требований к токсичности выбросов с отработавшими газами заставляют двигателестроителей модернизировать существующие системы питания газом, а постоянно развивающиеся и совершенствующиеся системы электронного управления рабочими процессами двигателя обуславливают переход к системам питания с электронным управлением.

Применение систем питания с электронным управлением обеспечивает:

- подачу газового топлива в область впускного клапана;
- равномерное распределение газа по цилиндрам двигателя;
- возможность изменения коэффициента избытка воздуха в широком диапазоне;
- индивидуальную подачу газа в область впускного клапана каждого цилиндра в соответствии с порядком работы двигателя (фазированная подача);
- реализацию более сложных алгоритмов управления;
- реализацию смешанного регулирования двигателем;
- возможность коррекции подачи газа из учета дополнительных факторов определяющих режим работы ДВС;

- повышение топливной экономичности в виду снижения гидравлических потерь при наполнении, а также обеспечения эффективного рабочего процесса.

Применение систем питания распределенного типа с электронным управлением на конвертированных из дизеля (оборудованного классической системой питания) газовых двигателях обусловлено рядом определенных трудностей. Прежде всего, это:

- отсутствие, каких либо исполнительных датчиков, сигналы которых можно было бы использовать для электронной системы управления;

- сложность реализации алгоритмов системы управления, обусловленных конструкцией и порядком работы цилиндров двигателя;

- отсутствие экспериментальных данных определяющих взаимосвязь требуемого времени открытого состояния клапана дозатора при различных температурных и нагрузочных режимах ДВС с системой ГТН;

- отсутствие на рынке Украины систем распределенного типа для чисто газовых двигателей.

Таким образом, изготовление экспериментального стенда для определения параметров системы управления и отработки рабочего процесса газового двигателя 6ГЧН 13/14 является актуальной задачей.

Цель и постановка задачи работы

Целью данной работы является модернизация и описание конструктивных особенностей экспериментального стенда для испытаний газового ДВС 6ГЧН 13/14 оборудованного системами ГТН, зажигания высокой энергии и системой питания газом распределенного типа.

В задачи работы входит:

- определение конструктивной схемы системы питания газом;

- оснащение экспериментального стенда необходимым контрольно-измерительным оборудованием.

Экспериментальная установка газового двигателя 6ГЧН 13/14

Предлагаемая экспериментальная установка является доработанным вариантом стенда 6ГЧН 13/14 [6]. Предлагаемая экспериментальная установка оснащена системой зажигания высокой энергии, системой газотурбинного наддува, системой питания сжатым природным газом распределенного типа и блоком регистрации данных (рис. 1).

Двигатель 6ГЧН 13/14 1 смонтирован на раме и соединен с нагрузочным устройством 2 при помощи карданной передачи 3.

Пульт управления стендом разбит на условные блоки. Это блок управления нагрузкой 5, блок контроля давлений 6, блок контроля температур 7 и блок регистрации быстроизменяющихся параметров рабочего процесса (на рисунке не показан).

В блок управления нагрузкой входят: частотомер импульсов СИ-8, автотрансформатор и весовой терминал КОДА-2. Счетчик импульсов получает сигнал от индуктивного датчика, который далее обрабатывается, и выводится на экран в виде данных о частоте вращения коленчатого вала двигателя и балансирной машины. Автотрансформатор предназначен для регулирования силы тока в цепях управления генератора постоянного тока нагрузочной машины. Данные об изменении крутящего момента отображаются на экране весового терминала.

Блок контроля давлений объединяет в себе манометры: контроля давления воздуха на входе и выходе из компрессорного колеса турбокомпрессора; регистрации давления отработавших газов на входе и выходе из турбинного колеса ТКР; контроля давления масла в масляной магистрали двигателя.

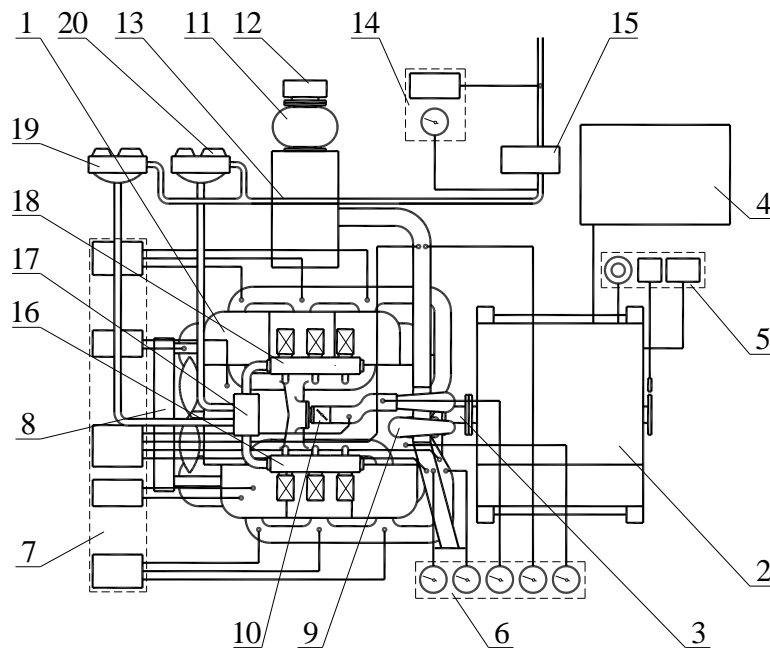


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки: 1 – двигатель 6ГЧН 13/14; 2 – нагрузочное устройство DS932-4N; 3 – карданная передача; 4 – нагрузочные реостаты; 5 – блок управления нагрузкой; 6 – блок контроля давлений; 7 – блок контроля температур; 8 – радиатор; 9 – турбокомпрессор; 10 – дроссельная заслонка; 11 – счетчик расхода воздуха; 12 – фильтр воздушный; 13 – ресивер; 14 – блок регистрации параметров газа; 15 – счетчик расхода газа; 16, 18 – дозатор газа левого и правого рядов цилиндров; 17 – ресивер-успокоитель; 19, 20 – сиквентальные газовые редукторы.

Блоком регистрации и контроля температур отслеживаются следующие параметры: температура воздуха на входе и выходе из компрессора, температура отработавших газов на входе и выходе из турбины, температура нижней плиты и межклапанной перемычки головки блока цилиндров, температура охлаждающей жидкости и масла. Перечисленные выше параметры регистрируются многофункциональным одноканальным измерителем-регулятором ТРМ-1. Данные о температуре отработавших газов каждого из цилиндров выводятся на шкалы приборов милливольтметров типа Ш4541.

Замер расходов воздуха и газового топлива расходуемого двигателем осуществляется счетчиком расхода воздуха РГ-1000 11 и счетчиком расхода газа G-25 DELTA 2040/40 15.

В состав системы питания воздухом входит серийно выпускаемый турбокомпрессор ТКР-9, параметры работы, которого регистрируются выше описанными контрольно-измерительными приборами.

Выбранное контрольно-измерительное оборудование стенда позволяет осуществлять контроль и производить замеры всех необходимых параметров двигателя с точностью удовлетворяющей условиям ГОСТ 14846-81.

В головке блока левого ряда цилиндров выполнен канал для индицирования, а также вмонтирован штуцер для отбора отработавших газов газоанализатором. Отвод отработавших и картерных газов производится вытяжной вентиляцией в атмосферу.

Для регистрации быстроизменяющихся параметров рабочего процесса применяется измерительно-вычислительный комплекс на базе персонального компьютера [14].

Применяемая на стенде система зажигания высокой энергии позволяет воспламенять топливовоздушные смеси с коэффициентом избытка воздуха равным $0,8 \div 2,2$. Система зажигания состоит из электронного блока управления, информационных датчиков, датчиков синхронизации, группы индивидуальных катушек зажигания (по одной на каждый цилиндр), высоковольтных проводов, свечных удлинителей и свечей зажигания со встроенными резисторами. Для синхронизации системы зажигания с двигателем используется специализированный маркерный диск.

Система питания газом кардинальным образом отличается от описываемой в работе [6]. Применяемая система питания имеет электронное управление и распределенную подачу газового топлива (метана) по цилиндрам двигателя (рис. 2).

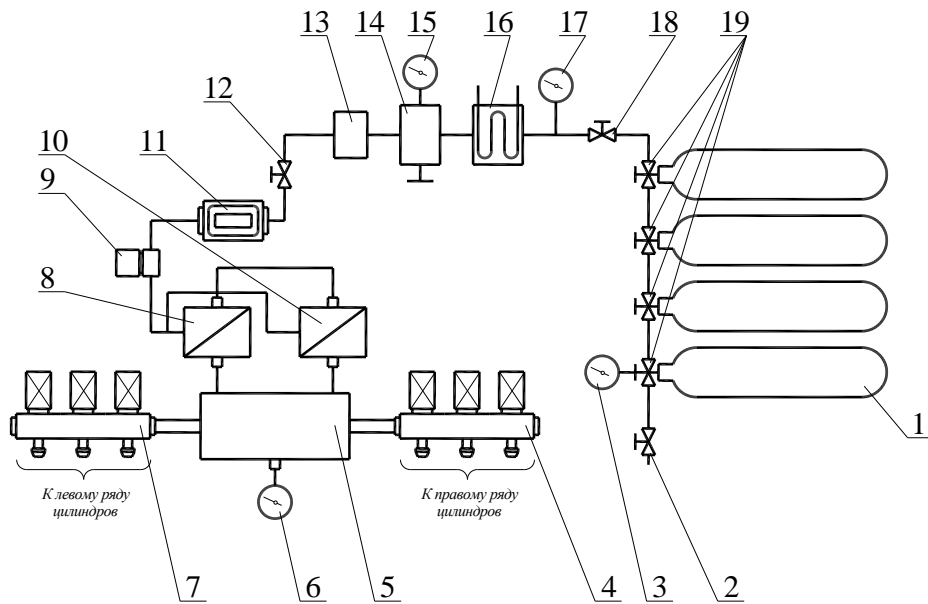


Рис. 2. Схема системы питания газового двигателя 6ЧНГ 13/14 (для стендовых испытаний): 1 – секция газовых баллонов; 2 – наполнительный вентиль; 3, 6, 15, 17 – манометры; 4 – дозатор газа левого ряда цилиндров; 5 – ресивер-успокоитель; 7 – дозатор газа левого ряда цилиндров; 8, 10 – сиквентальные газовые редукторы; 9 – электромагнитный клапан; 11 – счетчик газовый; 12; 18 – магистральные вентили; 13 – сигнализатор падения давления с предохранительным клапаном; 14 – газовый редуктор высокого давления; 16 – жидкостный подогреватель; 19 – расходный вентиль.

Применяемая система распределенной подачи газа представляет собой два независимых друг от друга контура, каждый из которых обслуживает один ряд цилиндров. Каждый контур включает в себя: газовый редуктор 8 и 10, дозаторы газа 4 и 7 и соединяющие топливопроводы.

По принципу действия система питания условно разделена на две составляющие:

- электрическую;
- пневматическую.

Принцип действия пневматической составляющей системы питания следующий. Газ из баллонов 1 через расходные вентили 19 и 18 поступает в газовый редуктор высокого давления (ГРВД) 14, где его давление понижается до 1,4 – 1,1 МПа. При этом газ подогревается от жидкостного нагревателя 16. Давление газа на выходе из ГРВД контролируется сигнализатором падения давления 13 оснащенного предохранительным клапаном, который срабатывает при давлении газа в магистрали 1,6 – 1,7 МПа. Далее газ через расходный вентиль 12 по трубопроводу подается к газовому счетчику 11. Минув газный счетчик, газ поступает на электромагнитный клапан 9, который предназначен для подачи рабочего тела к сиквентальным редукторам, а также для отсечки подачи газа при остановке двигателя и аварийных ситуациях. При неработающем двигателе, когда отсутствует питание на катушке электромагнита клапан находится в закрытом состоянии. В противном случае, клапан открыт и газ протекая через фильтр, подается на вход сиквентальных газовых редукторов 8 и 10. Сиквентальные газовые редукторы поддерживают рабочее давление газа в системе на уровне 0,1 – 0,2 МПа. При открытии клапана дозатора, и, следовательно, канала для истечения [15] рабочее тело (газ) под тем же давлением подается в область впускного клапана конкретного цилиндра ДВС. Подача газа к другим цилиндрам осуществляется в соответствии с порядком работы газового двигателя 6ГЧН 13/14. Внедрение в систему питания ресивер-успокоителя 5 позволяет выровнять подаваемое давление на рампы с электромагнитными дозаторами газа 4 и 7, а также обеспечить стабильность цикловых подач каждым из дозаторов. Стабильность цикловых подач достигается за счет гашения колебательных процессов возникающих при срабатывании клапанов электромагнитных дозаторов.

Электрическая часть состоит из электронного блока управления (ЭБУ), периферийных датчиков состояния и синхронизации и электромагнитных дозаторов газа. ЭБУ объединяет измерительные, логико-арифметические и силовые функции. Опрашивая датчики, ЭБУ получает инфор-

мацию о текущем состоянии объекта управления и топливной системы, на основании полученных данных производится расчет требуемого времени впрыска. По сигналам датчиков синхронизации силовая часть ЭБУ формирует сигнал на открытие клапана дозатора конкретного цилиндра [16].

Выводы

1. Модернизирована экспериментальная установка для проведения испытаний газового двигателя 6ГЧН 13/14 оборудованного системами ГТН, зажигания высокой энергии и системой питания распределенного типа.
2. Определена конструктивная схема системы питания газом.
3. Выбранное контрольно-измерительное оснащение испытательного стенда позволяет отслеживать быстроизменяющиеся параметры рабочего процесса, а также параметры рабочих тел на входе и выходе из двигателя.

1. Звонов В.А. Альтернативные топлива с учетом их полного жизненного цикла / В.А. Звонов, А.В. Козлов, А.С. Теренченко // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 10-12.
2. Генкин К.И. Газовые двигатели / Карп Иванович Генкин. – М.: Машиностроение, 1977. – 196с.
3. Кабанов А.Н. Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами транспортных дизелей путем конвертирования их в газовые двигатели: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 «Двигатели и энергетические установки» / А.Н. Кабанов. – Харьков, 2008. – 20с.
4. Луканин В.Н. Предварительные результаты газового двигателя с наддувом мощностью 200 кВт / В.Н. Луканин, А.С. Хачиян, В.Е. Кузнецов, И.Г. Шишлов, Р.Х. Хамидуллин // Сборник научных трудов МАДИ (ТУ). – 2002. – С. 68 – 79.
5. Разработка газового двигателя на базе дизеля ЯМЗ – 236НЕ: (разработки отдела энергосберегающих технологий и альтернативных топлив) [Электронный ресурс] / В.Ф. Кутенёв, В.А. Лукшо // Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт – 2007. – Режим доступа к источнику: <http://www.nami.ru/subdivisions/engines/energy-efficient-technologies/development/>
6. Абрамчук Ф.И. Экспериментальная установка для исследования газового двигателя 6ГЧН 13/14 с наддувом и принудительным воспламенением / Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.А. Дзюбенко, М.С. Липинский, Д.В. Швидкий // Автомобильный транспорт :сб. научн. тр. – 2011. – № 29. – С. 139 – 143.
7. Абрамчук Ф.И. Выбор и обоснование регулировочных параметров газового двигателя с наддувом, конвертированного из дизеля / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Кабанов, М.С. Липинский // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2011. – №54. – С. 18 – 26. Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – 2011. – №29. – С. 43 – 51.
8. Абрамчук Ф.И. Пути повышения технико-экономических показателей газовых двигателей с искровым зажиганием / Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.Н. Кабанов, М.С. Липинский // Двигатели внутреннего сгорания: сб. научн. тр. – 2010. – №1. – С. 7 – 11.
9. Туренко А.П. Автоматизированный стенд для исследования и доводки газового малолитражного быстроходного двигателя внутреннего сгорания / А.Н. Туренко, Ф.И. Абрамчук, А.Н. Пойда, А.А. Дзюбенко, А.П. Кузьменко, Г.В. Майстренко // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 23. – С. 89 – 94.
10. Долганов К.Є. Газові двигуни «РАБА» і «Мелець-Дизель» газ для автобусів / К.Є. Долганов, А.А. Лісовал, З.І. Краснокутська, В.П. Швидкий // Автошляховик України. – 2001. – №1. – С. 15 – 17.
11. Козачук І.С. Покращення індикаторних, ефективних та екологічних показників газових двигунів, переобладнаних з дизелів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.03 «Двигуни та енергетичні установки» / І.С. Козачук. – Київ, 2008. – 20с.
12. Бганцев В.Н. Газовый двигатель на базе четырехтактного дизеля общего назначения / В.Н. Бганцев, А.М. Левтеров, В.П. Мараховский // Техно – plus. – 2003. – №10. – С.74 – 75.
13. Богомоллов В.А. Особенности конструкции экспериментальной установки для проведения исследований газового двигателя 6Ч 13/14 с искровым зажиганием / В.А. Богомоллов, Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло [и др.] // Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр. – 2007. – №37. – С. 43 – 47.
14. Абрамчук Ф.И. Новая автоматизированная система исследования и диагностирования авто-тракторных двигателей / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Пойда, А.А. Ефремов [и др.] // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. – 2005. – №17. – С. 28 – 34.

15. Абрамчук Ф.И. Опытный образец электромагнитного дозатора газа системы питания авто-тракторного двигателя 6ГЧН 13/14 / Ф.И. Абрамчук, В.М. Манойло, А.А. Дзюбенко [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №2/8 (56). – С. 38 – 42.
16. Дзюбенко О.А. Синтез системи управління розподільчої подачі газу для двигуна 6ГЧН 13/14 / О.А. Дзюбенко, В.М. Манойло, М.С. Липинський // [Электронный ресурс] / Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание. – Х.: ХНАДУ, 2011. – №1(3). – ISSN 2226-9266 – Режим доступа: http://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_SIS/AE12_1ч/index.html.