

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА ПОДАЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ГАЗОДИЗЕЛЕЙ

Улексин В. А., к.т.н., доц., Стремоухов А. Б., асп.

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет (ДГАЭУ)

Анализируются устройства для подачи газа в двигатели внутреннего сгорания ведущих фирм. Обоснована конструктивная схема системы подачи природного газа и всережимного регулирования автотракторного газодизеля с использованием газовых форсунок с электронным управлением.

Постановка проблемы. Газодизельный процесс известен с начала зарождения двигателестроения, однако не получил должного распространения. Основные преимущества газодизелей по сравнению с дизелями состоят в меньшей стоимости топлива и лучшей экологичности при прочих равных показателях [11]. В зависимости от конъюнктуры рынка моторных топлив выгода от применения газодизельного процесса изменяется, оставаясь при этом положительной. В настоящее время в Украине, имеющей собственные запасы природного газа, увеличение объемов использования газовых моторных топлив (ГМТ) путем конвертирования имеющихся дизельных энергосредств на газодизельный процесс, следует считать перспективным, повышающим энергонезависимость. При этом следует стремиться к сохранению характеристик газодизелей на уровне базового дизеля, что позволяет сохранить эксплуатационные характеристики машин после доработки.

Анализ последних публикаций. В периоды «нефтяных» кризисов интерес к газодизелям возрастает, и появляются различные программы внедрения газовых моторных топлив [1, 6]. Системы управления подачей ГМТ по способу смесеобразования и применяемым исполнительным механизмам можно разделить на несколько видов [10].

Эжекторные системы, в которых газ и воздух смешиваются во впускном коллекторе двигателя, а управление подачей газа осуществляется с помощью рычажно-мембранных механизмов. Этот класс систем представлен фирмами Японии (Исуцзу), Италии (Ловато, Ланди Ренцо), Канады (GFI, ECO) и предназначен для применения на двухтактных и четырехтактных двигателях. Отличительной особенностью моделей выпуска после 2000 года является широкое внедрение электронных блоков управления, обеспечивающих новые функциональные возможности. Введение элементов электронного регулирования в традиционные рычажно-мембранные системы не устраняет полностью их основные недостатки, однако позволяет значительно увеличить стабильность работы оборудования, что при относительно невысокой стоимости сохраняет привлекательность их применения. Рычажно-мембранные системы, характеристики которых несколько уступают характеристикам систем с распределенным впрыском газа, ориентированы не столько на заводы,

выпускающие автомобили или двигатели, сколько на фирмы, которые занимаются переоборудованием на газ автомобилей (реже – тракторов), находящихся в эксплуатации. Это определяет их место на рынке и распространение (Аргентина, Бразилия, Египет, Индия, Иран, Китай, Турция, многие страны Европы, в том числе и Украина).

Инжекторные системы с центральным (во впускной коллектор двигателя) или распределенным (поцилиндровым) впрыском газа расширяют возможности регулирования параметров рабочего процесса и обеспечивают улучшение характеристик двигателя, работающего на ГМТ. Инжекторные системы с центральным впрыском газа представляют фирмы Канады (Woodward, GFI, AFS), Японии (Nippon), России (КАМАЗ-МАДИ), Германии (Мерседес), Швеции (VOLVO, SKANIA). Специалисты считают, что такие системы – это разумный компромисс между ценой и качеством, однако, дальнейшее совершенствование таких систем малоперспективно.

Инжекторные системы с распределенным впрыском являются сегодня наиболее перспективным направлением в создании систем управления подачей газа в ДВС. Они позволяют получить наиболее совершенные рабочие характеристики двигателя. Практически все крупные фирмы представляют инжекторные системы с распределенным впрыском, оснащенные микропроцессорными блоками управления.

Комбинированные системы включают инжекторный регулятор количества подаваемого газа (дозатор) и стандартный внешний смеситель с подачей газозоудшной смеси во впускной коллектор двигателя. Комбинированные системы освоены рядом фирм: IMPCO (США), Landi Renzo (Италия), Nissan Diesel, NIKKI (Япония). В этих системах применяется регулятор инжекторного типа, управляемый микропроцессорным блоком. Таким образом, устраняется основной недостаток традиционных механических систем, что позволяет продлить коммерческую жизнь серийных газовых систем при незначительной их модернизации. Газовое оборудование устанавливается на двигатели и с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием (газовые двигатели), и с воспламенением от сжатия при использовании запальной дозы дизельного топлива (газодизели).

Газодизельные (двухтопливные) системы применяют в основном для большегрузных автомобилей и автобусов.

Фирма AFS (Канада) разработала газодизельную систему с распределенным впрыском газа и управляемой запальной дозой дизельного топлива. Главным элементом этой системы является моноблок "Шерекс", выполняющий функции регулятора давления, фильтра и отсечного магистрального клапана. Газ низкого давления (0,5...0,6 МПа) поступает в газовую рампу, откуда через индивидуальные газовые клапаны подается к впускным клапанам двигателя. Необходимая запальная доза дизельного топлива подается топливным насосом высокого давления (ТНВД) через штатные форсунки. Обработку показаний датчиков, установленных на агрегатах двигателя, и управление подачей ГМТ обеспечивает микропроцессорный блок. К основным достоинствам системы можно отнести снижение эксплуатационных

расходов дизельного топлива за счет его замещения (до 80 %) дешевым природным газом, снижение дымности отработавших газов в несколько раз, сохранение показателей базового дизельного двигателя.

Фирма Westport (Канада) освоила газодизельную систему, в которой газ сжимается до 300 атмосфер в специальном компрессоре, охлаждается и подается вместе с дизельным топливом в цилиндр в такте сжатия через специально разработанную форсунку. Это обеспечивает устойчивую работу двигателя на очень бедных смесях и позволяет получить очень низкое содержание выбросов NO_x . Впрыск газа производится при закрытых клапанах, что обеспечивает наибольшую мощность при высокой степени замещения дизельного топлива природным газом (до 90%).

Фирма «Газмотор» (Россия) предлагает систему питания газодизелей, которая по структуре технических средств и способу подачи газа в двигатель сходна с газодизельной системой фирмы AFS. Однако у нее есть существенные отличия: для обеспечения точного дозирования топливовоздушной смеси применена электроуправляемая дроссельная заслонка вместо управления от педали газа; газовые инжекторы обладают ресурсом до 10^9 циклов; управление запальной дозой производится в функции частоты вращения и реальной нагрузки на двигатель; разработан и применен «электронный» газовый редуктор, стабилизирующий давление в газовой рампе (рычажно-мембранный редуктор не обеспечивает удовлетворительную работу с импульсным разбором газа).

Система регулирования газодизелей ДГАУ [2, 12, 13] разработана с учетом возможности совместной работы с конвертируемыми автотракторными дизелями различной мощности. Испытания проводились на протяжении длительного времени [3, 4, 5, 7] и выявили как неоспоримые преимущества по сравнению с известными системами, так и недостатки, устранение которых применением современных технических средств поставит разработанную систему в ряд лучших образцов.

Основными недостатками системы регулирования ДГАУ являются сложность регулирования расхода ГМТ на корректорном участке внешней скоростной характеристики [7, 8] и недостаточная устойчивость работы в режиме газодизеля на малых частотах вращения холостого хода [9].

Постановка задачи. Для устранения недостатков разработанной ранее системы всережимного регулирования газодизеля ДГАУ [12, 13] следует учесть имеющийся опыт и применить современные элементы – газовые форсунки распределенной подачи газа с управлением от электронного коммутатора.

Цель работы. Обоснование конструктивной схемы подачи газа при всережимном регулировании конвертируемого автотракторного газодизеля с применением газовых форсунок.

Изложение основного материала. Принцип работы системы регулирования газодизеля ДГАУ, дополненной газовыми форсунками, поясняет конструктивная схема, представленная на рис 1.

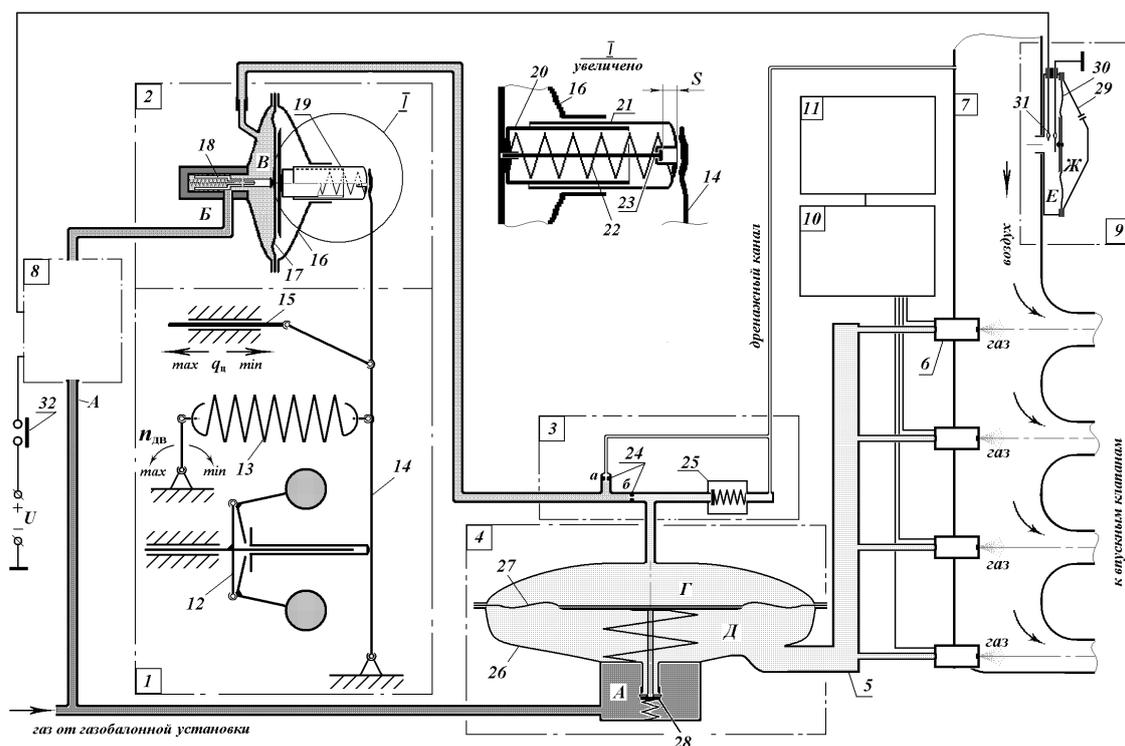


Рис. 1 – Конструктивная схема подачи газа в газодизель с всережимным регулированием (по заявке № а2017 10803)

Система состоит из центробежного всережимного регулятора 1 подачи жидкого топлива, регулятора расхода газа 2, соединенного со штатным всережимным регулятором 1, ограничителя давления газа 3, усилителя расхода газа 4, рампы 5 с газовыми форсунками 6, установленной на впускном трубопроводе 7 двигателя, электромагнитного клапана 8, датчика 9 разрежения во впускном трубопроводе и коммутатора 10 с датчиком 11 положения коленчатого вала двигателя.

Центробежный всережимный регулятор 1 состоит из центробежного чувствительного элемента 12 и главной пружины 13, присоединенных к главному рычагу 14, который тягой соединен с рейкой (дозатором) топливного насоса высокого давления 15.

В состав регулятора расхода газа 2 входят корпус 16, диафрагма 17, золотник 18 и толкатель 19, составленный из коаксиально расположенных цилиндров 20 и 21, между которыми установлена предварительно сжатая пружина 22 и ограничитель деформации пружины 23.

Ограничитель давления газа 3 включает дроссели 24 а и б, редукционный клапан 25 и соединяется с впускным трубопроводом 7 дренажным каналом.

Усилитель расхода газа 4 представляет собой редуктор давления газа с корпусом 26, диафрагмой 27 и клапаном 28, кинематически соединенным с диафрагмой 27. Датчик 9 разрежения во впускном трубопроводе состоит из корпуса 29, разделенного диафрагмой 30 на две полости, и нормально разомкнутых контактов 31, включенных в цепь обмотки электромагнитного клапана 8.

Коммутатор 10 и форсунки 6 соединены электрическими проводниками. Питание на электромагнитный клапан 8 подается через переключатель 32 режимов работы "дизель - газодизель". Электромагнитный клапан 8, регулятор

расхода газа 2, ограничитель давления газа 3, усилитель расхода газа 4 и рампа 5 соединены газопроводами.

Система работает следующим образом.

В режиме "дизель" питание электромагнитного клапана 8 выключено, он находится в закрытом состоянии и не пропускает газ из газопровода *A*, давление газа на входе *B* регулятора расхода газа 2 отсутствует. В полости *B* регулятора расхода газа через дренажный канал и дроссель 24*a* устанавливается разрежение, равное разрежению во впускном коллекторе. Под действием этого разрежения диафрагма 17 прогибается влево и освобождает толкатель 19, который не препятствует движению рычага 14. Центробежный всережимный регулятор 1 работает в обычном режиме, регулируя цикловую подачу жидкого топлива $q_{жт}$ путем изменения положения рейки 15. А именно: уменьшение частоты вращения двигателя ведет к уменьшению поддерживающей силы центробежного чувствительного элемента 12, поворота рычага 14 под действием восстанавливающей силы пружины 13 против часовой стрелки и увеличению подачи жидкого топлива. Увеличение частоты вращения приводит к увеличению поддерживающей силы со стороны центробежного чувствительного элемента 12, поворота рычага 14 по часовой стрелке и соответствующего уменьшения подачи жидкого топлива.

В режиме "газодизель" на обмотку электромагнитного клапана 8 через переключатель 32 подается напряжение. При неработающем двигателе разрежение во впускном коллекторе 7 отсутствует, контакты 31 датчика 9 разомкнуты, электромагнитный клапан 8 обесточен и не пропускает газ из газопровода *A*. При работающем двигателе во впускном трубопроводе создается разрежение, диафрагма 30 прогибается и замыкает контакты 31. Через обмотку электромагнитного клапана 8 проходит ток, он открывается и газ от газобаллонной установки под давлением подается на вход *B* регулятора расхода газа 2.

Расход газа через регулятор 2 зависит от положения золотника 18, определяющегося положением рычага 14, который взаимодействует с золотником 18 через толкатель 19 и диафрагму 17. Толкатель 19 благодаря предварительному сжатию пружины 22 работает как жесткое звено и обеспечивает передачу усилия от рычага 14 к золотнику 18, что приводит к его открыванию, пропуску газа в полость *B* и созданию давления на диафрагму 17. Сила давления газа на диафрагму 17 противодействует перемещению рычага 14 и связанной с ним рейки 15 топливного насоса, ограничивая подачу жидкого топлива на уровне запальной дозы.

Давление газа в полости *B* регулятора 2 устанавливается пропорциональным разности между восстанавливающей силой пружины 13 и поддерживающей силой центробежного чувствительного элемента 12. Таким образом, давление газа в полости *B* зависит от деформации пружины 13, которую устанавливают органом управления (педалью «газа»), и от частоты вращения: увеличивается при уменьшении частоты вращения двигателя и уменьшается при ее увеличении.

Из полости *B* регулятора расхода газа 2 газ подается в ограничитель давления газа 3 и дальше через дроссель 24*b* – в полость *Г* усилителя 4, который

поддерживает давление газа в полости D и в рампе 5 равным давлением газа в полости G независимо от расхода.

Коммутатор 10 вырабатывает импульсы тока постоянной длительности в соответствии с порядком работы цилиндров двигателя, чем обеспечивает поочередное открывание форсунок 6 и подачу газа к впускному коллектору 7 в зону расположения впускных клапанов. Газовые форсунки 6 приоткрываются на фиксированное время, пропуская некоторое количество газа, пропорциональное давлению в рампе 5. Итак, цикловая подача газа $q_{цк}$ будет линейно зависеть от давления газа в рампе, т.е., от давления в полости B регулятора 2 а значит – и от частоты вращения вала двигателя: при увеличении частоты вращения n цикловая подача газа $q_{цк}$ уменьшается, при уменьшении n – увеличивается.

Взаимодействие рычага 14 с золотником 18 зависит от режима работы двигателя. В случае отсутствия нагрузки (холостой ход) рычаг 14 отведен в правое положение силой центробежного чувствительного элемента 12 и не взаимодействует с толкателем 19. Золотник 18 закрыт и давление газа в полостях B , G и D отсутствует, газ в цилиндры двигателя не подается.

При увеличении нагрузки частота вращения вала двигателя уменьшается, уменьшается поддерживающая сила центробежного чувствительного элемента 12, рычаг 14 под действием восстанавливающей силы пружины 13 проворачивается против часовой стрелки и начинает взаимодействовать с толкателем 19. Золотник 18 приоткрывается и через него начинает проходить газ, создавая в полости B давление, пропорциональное силе действия рычага 14 на диафрагму 17, что предотвращает дальнейшее перемещение рычага 14 и связанной с ним рейки 15 топливного насоса в сторону увеличения подачи жидкого топлива. Увеличение нагрузки на двигатель приводит к уменьшению его частоты вращения, увеличению силы на толкатель 19 и диафрагму 17 и увеличению давления газа в полостях B , G и D , что определяет увеличение цикловой подачи газа в двигатель. При достижении номинальной нагрузки на двигатель в полостях B , G и D , устанавливается давление газа, при котором открывается клапан 25, пропускающий газ в дренажный канал с небольшим расходом, величина которого определяется характеристикой дросселя 24 б.

Увеличение нагрузки на двигатель выше номинальной (корректорный участок внешней скоростной характеристики) приводит к резкому уменьшению частоты вращения и увеличению давления в полости B . При этом благодаря наличию дросселя 24б и клапана 25 давление в полостях G , D и в рампе 5 повышаться не будет, что определяет стабильность цикловой подачи газа через форсунки. Повышение давления газа в полости B вызывает увеличение усилия, приложенного к толкателю 19 и служит причиной дополнительной деформации пружины 22, что сопровождается поворотом рычага 14 против часовой стрелки и увеличением (корректированием) цикловой подачи жидкого топлива. Величина этого увеличения определяется величиной зазора S , обусловленного устройством толкателя и устанавливается в зависимости от характера скоростной характеристики топливного насоса высокого давления.

Таким образом, предлагаемая конструктивная схема при работе газодизеля на корректорном участке внешней скоростной характеристики обеспечивает

коррекцию цикловой подачи жидкого и стабилизацию цикловой подачи газообразного топлива, что улучшает экономичность и экологичность двигателя. Регулирование подачи газа электронным коммутатором позволяет установить необходимые законы регулирования и на холостом ходу.

Выводы

1. Как показывает краткий анализ работ по применению природного газа в качестве моторного топлива, создание систем питания двигателей внутреннего сгорания природным газом является актуальным. В последнее время расширяется применение систем впрыска газа с электронным управлением.
2. Внедрение природного газа для питания двигателей в Украине ввиду отсутствия собственного двигателестроения должно осуществляться путем перевода (конвертирования) существующих двигателей установкой газового оборудования, производство которого может быть налажено на имеющихся машиностроительных или ремонтных предприятиях.
3. Применение газовых форсунок для подачи ГМТ в системе регулирования газодизеля ДГАУ позволяет устранить основной ее недостаток – обеспечить дозирование топлива на корректорном участке характеристики и увеличить устойчивость работы газодизеля на малых частотах вращения холостого хода.

Список использованной литературы

1. Закон України про альтернативні види рідкого та газового палива / Відомості Верховної Ради № 12. – К.: 2000, ст. 94
2. Бабич А.С. Всережимний регулятор газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.А.Улексін. // Геотехническая механика. Межведомственный сборник. Выпуск 31.– Днепропетровск: «Полиграфист», 2002. С. 133-136.
3. Бабич А.С. Результати експлуатаційних випробувань газобалонних автомобілів КрАЗ-258 / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Випуск 3 (14) – Кременчук, 2002. С. 37-38
4. Бабич А.С. Коректування характеристики автотракторного газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.М.Василенка. Випуск 44 „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том 1.– Харків: ХНТУСГ, 2006. с. 133-137.
5. Бабич А.С. Результати випробувань газодизельних тракторів / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. № 12(2) – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – С. 456...464.
6. Володин В.М. Использование газа в качестве топлива для тракторов / В.М. Володин // Обзор. информ. Сер.1. Тракторы и двигатели. Вып.1.– М.: ЦНИИТЭИ тракторосельхозмаш, 1989. – 48 с.

7. Кухаренко П.М. Формування коректорної характеристики газодизеля. / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов, выпуск 75–Днепропетровск: Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова НАН Украины, 2008. с.214-218
8. Кухаренко П.М. Дослідження роботи датчика витрати газу системи регулювання газодизеля Д-65Н / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, № 2-09 – Дніпропетровськ, 2009. – С. 227-229.
9. Кухаренко П.М. Методика експериментальних досліджень роботи газодизеля на режимі холостого ходу / П.М. Кухаренко, В.О.Улексін, В.М.Яцук // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. „Проблеми технічної експлуатації машин”, випуск 109. – Харків, 2011. С. 34...39
10. Пронин Е.Н. Системы управления подачей природного газа для двигателей (по материалам конференции и выставки Международной ассоциации использования природного газа на транспорте IANGV, Йокогама, Япония) / Е.Н. Пронин, В.А. Бурцев // Информационный бюллетень №2 (7) – М.: Национальная газомоторная ассоциация, 2001. – 19 с.
11. Чернявский А. Газодизель. /Техника молодежи, № 11, 1948. – С. 5-8.
12. Пат. 82708 Україна, МПК⁴F02В69/04. Пристрій для регулювання потужності газодизеля / А.С. Бабич, П.М. Кухаренко, В.О., Улексін, В.М. Яцук. Опублік. 2008. Бюл. № 9,
13. Пат. 87768 Україна, МПК⁴F02В69/04. Пристрій для регулювання потужності газодизеля / А.С.Бабич, С.В.Безрукавий, В.М. Панченко, В.О. Улексін. Опублік. 2009. Бюл. №11)

Анотація

Конструктивна схема подачі природного газу для автотракторних газодизелів

Улексін В. О., Стремоухов О. Б.

Аналізуються пристрої для подачі газу в двигуни внутрішнього згорання провідних фірм. Обґрунтована конструктивна схема системи подачі природного газу та всережимного регулювання автотракторного газодизеля з використанням газових форсунок з електронним керуванням.

Abstract

Design scheme of natural gas supply for motor diesel engines

V. Uleksin, A. Stremouhov

The devices for gas supply to internal combustion engines of leading companies are analyzed. The constructive scheme of the system of natural gas supply and all-Bank regulation of motor gas diesel engine with the use of gas injectors with electronic control.