

УДК 621.43

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕТОДОВ ПОДАЧИ ВОДЫ В ДВС



А.В.БИЖАЕВ,
аспирант, зав. лабораторией

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А.Тимирязева,
a.bizhaev@mail.ru, Москва, Российская Федерация

Добавка воды к топливу стала одним из действенных способов решения основных проблем поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), поскольку она уменьшает тепловую напряженность двигателя, снижает токсичные выбросы продуктов сгорания, а также повышает эффективность на некоторых режимах работы. Большое влияние на процесс сгорания топливно-воздушной смеси с водой оказывает способ ее подачи в камеру сгорания. Разработали экспериментальную установку для получения сравнительных характеристик основных методов подачи воды в камеру сгорания ДВС. Определили, что существует два способа подачи воды в камеру сгорания. При первом способе подача воды осуществляется в виде водотопливной эмульсии, которая подается в камеру сгорания через форсунку посредством топливного насоса высокого давления, при втором способе вода поступает с воздухом через распыляющий элемент – карбюратор или форсунку. Этот способ весьма прост в отличие от эмульсионной подачи. Самый простой вариант – применение форсунок. Установили, что эмульсия как неоднородная мелкодисперсная среда имеет свойство разделяться на составляющие. Поэтому при работе системы необходимо использовать специальные эмульгаторы для равномерности подачи воды, попадающей в цилиндр. Предложили систему, позволяющую открывать каждую форсунку в определенный момент. Для регулировки длительности впрыска разработали систему обратной связи с датчиками температуры отработанных газов на выпускном коллекторе. Показали, что на разработанном экспериментальном стенде можно проводить испытания при различных режимах работы двигателя, что позволит дать оценку обоих способов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, добавка воды к топливу, экспериментальный стенд, подача воды, камера сгорания.

В настоящее время поршневые двигатели внутреннего сгорания считаются основным источником механической энергии, поэтому к ним предъявляется ряд требований, которые в свою очередь необходимо обеспечивать их производителям [1].

Основные проблемы современного двигателестроения – высокая токсичность продуктов сгорания топлива в камере сгорания и относительно низкий КПД (30-40%) [2, 3]. Существует множество методов их решения, один из них – подача воды в камеру сгорания.

Эффект от подачи воды в камеру сгорания ДВС был получен еще в начале XX века и использовался для форсирования авиационной техники [4]. В бензиновых двигателях подача воды способствует

охлаждению смеси внутри цилиндра, что главным образом приводит к уменьшению детонации. В дизельных двигателях процесс горения проходит по мере подачи топлива из форсунки, поэтому они не склонны к детонационному сгоранию топлива. При добавках воды к топливу снижается тепловая напряженность, поскольку процесс сгорания сопровождается меньшей температурой, чем сжигание топлива без добавок. Это значительно снижает образование оксидов азота, способствуя таким образом улучшению экологических характеристик продуктов сгорания [5]. Кроме этого, во множестве исследований наблюдалось увеличение мощности двигателя на различных режимах работы, связанное с химическими процессами, протекающими в

воздушно-топливной смеси с водой [6].

Конкретный метод подачи воды может существенно повлиять на работу ДВС. Большое количество исследований в данной области дает возможность сделать общую оценку эффективности конкретного способа подачи воды в камеру сгорания. Но, несмотря на это, сравнительные показатели того или иного способа еще не изучены.

Цель исследования – создание установки, с помощью которой можно замерить показатели двигателя при использовании добавок воды в камеру сгорания; оценка сравнительных характеристик основных методов подачи воды в камеру сгорания ДВС при использовании экспериментального стенда; исследование показателей для каждого конкретного способа подачи воды и выявление в них индивидуальных аспектов.

Материалы и методы. Существует два основных способа подачи воды в камеру сгорания: в виде водотопливной эмульсии и с воздухом.

Вода в виде эмульсии подается топливным насосом высокого давления (ТНВД) через форсунку непосредственно в камеру сгорания после предварительного смешивания. Его можно осуществить несколькими способами, такими как механический, ультразвуковой, фазо-инвертирующий [7]. Важной особенностью данного способа будет движение потока эмульсии: он должен миновать фильтры, чтобы избежать отделения воды от топлива. С целью очистки смеси необходимо предварительно до смешивания отфильтровать топливо и воду.

Вода с впускным воздухом подается во впускной тракт через распыляющий элемент – карбюратор или форсунку. Этот способ весьма прост и не требует существенной подготовки, в отличие от эмульсионной подачи. Однако при подаче через карбюратор в случае многоцилиндрового ДВС наблюдается неравномерность расхода воды по цилиндрам [8]. Поэтому для соблюдения равномерности необходимо устанавливать карбюратор на каждый цилиндр, что является довольно сложной конструктивной задачей. Для упрощения задачи карбюратор можно заменить форсунками, для которых характерны меньшие размеры и более простой способ монтажа. Но стоит отметить, что система с форсунками требует наличия насоса и электронной системы управления.

С целью исследования способов подачи воды был разработан экспериментальный стенд, представляющий собой электрическую тормозную балансирующую машину в паре с дизельным двигателем Д-120. Данный стенд позволяет загрузить двигатель до заданного значения, чтобы снять необходимые характеристики, например крутящий момент и частоту вращения коленчатого вала. Для за-

меров расхода воздуха, поступающего в ДВС, используют газовый расходомер РГ-100. На двигателе установлены также датчики, измеряющие основные показатели его работы.

Двигатель Д-120 оборудован системой как для эмульсионной подачи воды, так и для подачи воды с воздухом. Для обеспечения системы водой рядом с ДВС расположен бак с погруженным в него насосом. Для получения эмульсии используют отдельный бак.

Система эмульгирования представляет собой механический смеситель с циркуляцией потока, который состоит из электрического универсального насоса, подающего жидкость в распылитель. Если же эмульсия еще не образована, то в специальном баке вода и топливо находятся в разделенном виде. Так как плотность воды больше плотности топлива, она находится в нижнем слое. Для получения водотопливной эмульсии включают электрический насос, который забирает воду и подает ее через распылитель в топливо, находящееся в этом же баке в верхнем слое. Спустя некоторое время смесь воды и топлива станет однородной, и образуется эмульсия. Однако стоит учесть, что приготовленная эмульсия будет содержать только определенные пропорции воды и топлива, поэтому для проведения эксперимента с другим соотношением воды и топлива необходимо приготовить новую смесь. Кроме этого, эмульсия как неоднородная мелкодисперсная среда имеет свойство со временем разделяться на составляющие, и появляется необходимость использовать ее непосредственно после приготовления. Для более быстрого приготовления эмульсии и продолжительного времени ее существования до разделения можно использовать специальные эмульгаторы. Полученная эмульсия хранится в отдельном баке, из которого поступает в ТНВД. Стоит учесть, что очистка от примесей должна осуществляться до смешивания воды с топливом, в противном случае при прохождении эмульсии через стандартный топливный фильтр структура водотопливной эмульсии нарушится и отклонится от заданной.

При работе системы подачи воды с воздухом вода подается во впускной коллектор посредством форсунок (рис. 1). Каждой форсункой управляет силовой полевой транзистор, работу которого контролирует регулируемый ШИМ-контроллер, обеспечивающий заданную длительность импульсов. От длительности импульсов и, как следствие, продолжительности открытия форсунок будет зависеть количество воды, которое попадет во впускной тракт ДВС. Так как для испытаний был взят двухцилиндровый двигатель Д-120, то для оптимальных условий подачи воды используются две форсунки. Однако впускной коллектор у данного

двигателя очень мал и не симметричен. Это создает трудности с равномерностью распределения воды при попадании ее в цилиндр.

Для устранения этой неравномерности разработана система, позволяющая открывать каждую форсунку в заданный момент. Подавать воду следует незадолго до открытия впускного клапана, чтобы вода лучше перемешалась с воздухом и частично испарилась под воздействием температуры ДВС. Система фазового впрыска не гарантирует точности подачи доз воды в камеру сгорания, и для более точной регулировки требуется обратная связь. Количество воды, попавшее в цилиндр, значительно снижает его теплонапряженность, соответственно, и температуру отработавших газов (ОГ). Поэтому обратную связь в определении количества воды осуществляют датчики температуры ОГ на выпускном коллекторе (рис. 1).

Датчики температуры представляют собой термомпары хромель-алюмель, которые позволяют измерить температуру ОГ, достигающую 900°C. Значение температуры фиксируется измерительными головками, представляющими собой милливольтметры, встроенные в приборный щиток (рис. 2). Если в какой-либо цилиндр попадет большее или меньшее количество воды, то это скажется на изменении температуры соответствующего цилиндра.



Рис. 1. Система с обратной связью; зеленые – водные форсунки во впускном коллекторе; белые – датчики в выпускном коллекторе



Рис. 2. Измерительный стенд с приборным щитком для снятия показаний с измерительных головок

Каждой форсункой управляет независимый отдельный электронный блок. Эти блоки идентичны и получают сигнал с датчика фазы, который уста-

новлен на валу ТНВД. Такое расположение датчика выбрано потому, что частота его вращения в 2 раза меньше, чем коленчатого вала, и позволяет выдать сигнал в любой момент. Датчик представляет собой диск с прорезью и щелевыми оптическими датчиками, установленными на нем под углом, при котором необходимо отправить сигнал для открытия соответствующей датчику форсунки. Схемы для

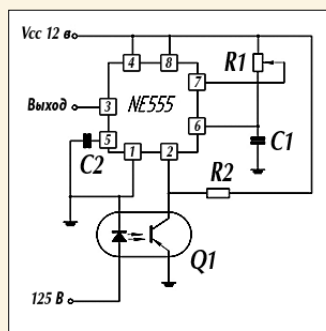


Рис. 3. Управляющая схема таймера NE555: Vcc – напряжение питания схемы; 1...8 – номер выхода из микроконтроллера; R1 – потенциометр регулировки длительности открытия форсунки; R2 – резистор для устойчивости сигнала; C1 – конденсатор, образующий RC-контур вместе с R1; C2 – стабилизирующий конденсатор; Q1 – щелевой оптический датчик

управления собраны на таймерах NE555 (рис. 3).

Они позволяют задать длительность сигнала, который контролирует период впрыска форсунок при поступлении входного сигнала. Длительность выходного сигнала рассчитывается по формуле:

$$T = 1,1 \times R1 \times C1, \text{ с,}$$

где R1 – потенциометр, которым регулируется длительность впрыска, C1 – конденсатор, образующий RC-контур.

Таким образом, сконструирована система для подачи воды с воздухом – с регулируемой длительностью впрыска и обратной связью.

Выводы. Для исследования методов добавки воды в камеру сгорания двигателя сконструирован испытательный стенд, позволяющий замерить основные параметры двигателя.

Данный экспериментальный стенд позволяет провести испытания при различных режимах работы двигателя, в ходе которых можно будет выявить сравнительные характеристики двух основных способов подачи воды в камеру сгорания.

Литература

1. Сапьян Ю.Н., Воробьев М.А., Колос В.А. Система допуска к производству и применению биологических видов моторного топлива // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 3 – С. 22-28.
2. Сапьян Ю.Н., Колос В.А., Кабакова Е.Н. Проблемы использования оксигенатов как компонентов моторных топлив / Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф.

Ч 2. – М.: 2013. – С. 144-148.

3. Савельев Г.С., Кочетков М.Н., Овчинников Е.В., Овчинников А.В. Результаты испытаний по использованию нанопродукта в виде добавки в биотопливо из рапсового масла // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч.1. – М.: 2013. – С. 220-225.
4. Иванов В.М. Топливные эмульсии. – М.: Издательство АН СССР, 1962. – 216 с.
5. Конев А.Ф. Использование добавок воды и

бензина на впуске тракторных двигателей в условиях жаркого климата: Дисс. ... канд. техн. наук. – 1987. – 272 с.

6. Аттия А.М.А. Улучшение экологических и экономических показателей дизелей за счет изменения структуры водотопливной эмульсии: Дисс. ... канд. техн. наук. – 2012. – 133 с.

7. Горячкин А.В. Влияние содержания влаги в зоне горения на эмиссию оксидов азота и серы // Наукові праці Техногенна безпека. – 2004. – Вип. 18, – Т. 31. – С. 27-37.

8. Дмитриевский А.В., Каменев В.Ф. Карбюраторы автомобильных двигателей. – М.: Машиностроение, 1990. – 223 с.

References

1. Sap'yan Yu.N., Vorob'ev M.A., Kolos V.A. Sistema dopuska k proizvodstvu i primeneniyu biologicheskikh vidov motornogo topliva [System of the admission to production and application of motor fuel types]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2010. No. 3 pp. 22-28 (Russian).

2. Sap'yan Yu.N., Kolos V.A., Kabakova E.N. Problemy ispol'zovaniya oksigenatov kak komponentov motornykh topliv [Problems of use of oxygenates as components of motor fuels]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch. 2. Moscow: 2013. pp. 144-148 (Russian).

3. Savel'ev G.S., Kochetkov M.N., Ovchinnikov E.V., Ovchinnikov A.V. Rezul'taty ispytaniy po ispol'zovaniyu nanoprodukta v vide dobavki v biotoplivo iz rapsovogo masla [Results of tests on use of a nanoparticle in the form of an additive in biofuel from rape oil]. Sistema tekhnologiy i mashin dlya innovatsionnogo razvitiya APK Rossii: Sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. Ch.1. Moscow: 2013. pp. 220-225 (Russian).

4. Ivanov V.M. Toplivnye emul'sii [Fuel emulsions].

Moscow: Izdatel'stvo AN SSSR, 1962. 216 c.

5. Konev A.F. Ispol'zovanie dobavok vody i benzina na vpuske traktornykh dvigateley v usloviyakh zharkogo klimata [Use of additives of water and petrol on a tractor engines inlet in the conditions of hot climate]: Diss. ... kand. tekhn. nauk. 1987. 272 pp. (Russian).

6. Attiya A.M.A. Uluchshenie ekologicheskikh i ekonomicheskikh pokazateley dizeley za schet izmeneniya struktury vodotoplivnoy emul'sii [Improvement of ecological and economic indicators of diesels due to modification of structure of a water fuel emulsion]: Diss. ... kand. tekhn. nauk. 2012. 133 pp. (Russian).

7. Goryachkin A.V. Vliyanie soderzhaniya vlagi v zone gorennya na emissiyu oksidov azota i sery [Influence of moisture content in a burning zone on emission of nitrogen oxides and sulfur]. Naukovi pratsi Tekhnogenna bezpeka. 2004. Vip. 18. T. 31. pp. 27-37 (Russian).

8. Dmitrievskiy A.V., Kamenev V.F. Karbyuratory avtomobil'nykh dvigateley [Carburetors of automobile engines]. Moscow: Mashinostroenie, 1990. 223 pp. (Russian).

EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR AN ASSESSMENT OF METHODS OF WATER SUPPLY IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

A.V.Bizhaev, post-graduate student, head of laboratory, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, a.bizhaev@mail.ru, Moscow, Russian Federation

The water additive to fuel became one of effective ways of the solution of the main problems of the piston internal combustion engines (ICE) as it reduces thermal factor of the engine, toxic emissions of exhaust products, and also increases efficiency by some operating modes. The way of fuel and air mix with water feeding in the combustion chamber has a great influence on process of combustion. Experimental installation for obtaining comparative characteristics of the main methods of water supply in the ICE combustion chamber was created. It was defined that there are two ways of water supply in the combustion chamber. At the first way water feed is carried out in the form of a water fuel emulsion which moves to the combustion chamber through a nozzle by means of the fuel pump with a high pressure. At the second way water arrives with air through the spraying element – the carburetor or a nozzle. This way is very simple in difference of emulsion feeding. The easiest way is nozzles application. It was established that the emulsion as the non-uniform highly dispersed fluid can be divide into components. Therefore it is necessary to use during the feeding system operation special emulsifiers with air for the uniformity water getting to the cylinder. The system for each nozzle opening at some point was offered. System of feedback with sensors of exhaust gases temperature in a final collector for adjustment of duration of injection was worked out. It was showed that at the developed experimental stand it is possible to carry out tests at various power modes. As result it will be possible to estimate both ways of fuel and air mix with water feeding.

Keywords: Internal combustion engine; Water additive to fuel; Experimental installation; Water supply; Combustion chamber.