

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день автомобили переживают не лучший период своей жизни. Постоянный рост цен на нефть, ужесточение экологических требований, рост appetites потребителей, ставят в неловкое положение основу автомобилей - ДВС. Который не смотря на ряд минусов, еще на протяжении многих десятилетий будет незаменим. Однако мы можем модернизировать, и всячески улучшать автомобильный ДВС в части получения большей эффективности и соответственно экономичности

Большинство таких технологий находится все еще на стадии разработок, ожидая финансирования, или внедрены пока только в опытные образцы, для демонстрации своих возможностей.

Одним из перспективных направлений развития двигателестроения является не только применение альтернативных топлив таких как низшие спирты (метанол, биоэтанол, бутанол), природный и попутный нефтяные газы, растительные масла (специально выращиваемых сельскохозяйственных культур), водорода и т. д., но и различных добавок к основному моторному топливу. В первую очередь исследования ведутся с целью замены основного вида топлива на выпускаемых автомобилях без внесения в двигатель существенных конструктивных изменений, а также с целью изучения возможностей их комбинирования и применения в качестве добавок. Одновременно оценивается и влияние такой замены на состояние окружающей среды, индикаторные и эффективные показатели работы двигателя – они как минимум не должны ухудшаться, но и для достижения экономического эффекта и целесообразности модернизации двигателя должны быть улучшены.

Практически все перечисленные выше альтернативные виды топлива в состоянии заменить какую-то часть традиционного топлива только благодаря наличию в своем составе способных к окислению элементов.

Из всех видов альтернативных топлив отдельно стоит выделить водород. Дело в том, что его добавка не только способна заменить энергоресурс части бензина или дизельного топлива. Его действие более интересно – водород обладает высокой скоростью диффузии, из чего вытекает его способность образовывать однородную смесь в камере сгорания за очень короткий промежуток времени [1]. Кроме того весьма значимым остаётся тот факт, что низшая удельная теплота сгорания

водорода примерно в 3 раза выше чем у бензина [2-4].

При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) меньше примерно в 5 раз, чем у углеводородных топлив. Это доказывает высокую эффективность воздействия водорода на кинетику сгорания смеси во всем объеме [5-7]. Соответственно возрастает полнота сгорания топлива, и уменьшается эмиссия токсических веществ, что приводит к существенному снижению вредных выбросов остаточных углеводородов и сажи, а также окисей углерода и азота. Данный факт подтверждается испытаниями, проведенными Российским федеральным ядерным центром (РФЯЦ ВНИИЭФ) совместно с Институтом катализа им. Г.К. Борескова и ОАО «АвтоВАЗ» на моторном стенде Тольяттинского государственного университета (ТГУ) в 2004 году [3]. Испытания проводились на двигателе ВАЗ-21102 с добавками чистого водорода в бензино-воздушную смесь. Именно при этих испытаниях была показана возможность снижения выбросов NO_x и CO без специальной обработки выхлопных газов (отсутствие каталитического нейтрализатора), повышение КПД двигателя и уменьшение расхода топлива [2].

РАСЧЕТ ИНДИКАТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Успешное применение двигателей внутреннего сгорания, разработка опытных конструкций и повышение экологических и экономических показателей стали возможны в значительной мере благодаря исследованиям и разработке теории рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания.

Теоретически определить влияние добавки водорода на индикаторные и эффективные показатели работы двигателя возможно посредством проведения тепловых расчетов параметров. Это позволит с достаточной степенью точности аналитическим путем определить параметры двигателя с заданной конфигурацией, и сравнить их с аналогичным двигателем, работающим с применением иницирующей добавки.

Для решения поставленных задач необходимо произвести расчеты действующего двигателя при его работе на основном моторном топливе, а затем проводить расчеты с учетом добавки водорода к моторному топливу, с учетом различных соотношений моторное топливо - водород. В связи с этим исходные параметры двигателя будут браться из характеристик

существующего двигателя. Ниже частично приведены расчеты параметров четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, предназначенного для легкового автомобиля.

Для оценки технического уровня проектируемого, действующего или модернизируемого двигателя необходимо сравнить его показатели с показателями двигателя – предшественника, современного аналога или со среднестатистическими значениями этих показателей для большого числа ДВС. В первых двух случаях оценка позволяет установить перспективность двигателя, а в третьем его место в мировом развитии моторной техники.

Принято давать оценку технического уровня двигателей по совокупности индикаторных параметров и эффективных показателей.

Индикаторные параметры характеризуют рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания, к ним относят среднее индикаторное давление, индикаторный КПД и удельный расход топлива.

Эффективными показателями называют энергетические и экономические характеристики двигателя, реализуемые при работе его с потребителем получаемой в двигателе механической работы. Этими характеристиками являются, прежде всего среднее эффективное давление, эффективный удельный расход топлива, эффективный КПД. Часть из этих показателей являются основными при выборе или сравнении двигателей [8-10].

Рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания характеризуется средним индикаторным давлением, индикаторной мощностью и к.п.д.

Средним индикаторным давлением называют условное, постоянное по величине давление, при котором работа за один цикл равна работе газов в цилиндре. Среднее индикаторное давление рассчитывается по формуле 1 [8].

$$p_i' = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] \quad (1)$$

где p_c - давление в конце такта сжатия;

ε - степень сжатия;

λ - степень повышения давления;

ρ - плотность топливно-воздушной смеси;

n_1 - средний показатель политропы сжатия;

n_2 - средний показатель политропы расширения;

Уменьшение теоретического среднего индикаторного давления вследствие отклонения действительного процесса от расчетного

цикла оценивается коэффициентом полноты диаграммы p_i величиной среднего давления насосных потерь Δp_i .

Индикаторный КПД, η_i характеризует степень использования в действительном цикле теплоты топлива для получения полезной работы и представляет собой отношение теплоты, эквивалентной индикаторной работе цикла, ко всему количеству теплоты, внесенной в цилиндр с топливом и определяется по формуле (2) [8].

$$\eta_i = \frac{p_i \cdot l_o \cdot \alpha}{H_u \cdot \rho_o \cdot \eta_v} \quad (2)$$

где: p_i – среднее индикаторное давление;

l_o – теоретически необходимое количество воздуха необходимого для сгорания 1 кг топлива;

α – коэффициент избытка воздуха;

H_u – низшая теплота сгорания топлива;

ρ_o – плотность заряда на впуске;

η_v – коэффициент наполнения.

Удельный расход топлива — отношение расхода топлива (на единицу расстояния или времени) к мощности или к тяге. Используется как характеристика топливной эффективности двигателей, а также транспортных средств в грузопассажирских перевозках. Единица измерения удельного расхода топлива зависит от выбора единиц для параметров, входящих в определение (объем или масса топлива, расстояние или время, мощность или тяга). Индикаторный удельный расход жидкого топлива определяется по уравнению 3 [8].

$$g_i = 3600 \cdot \frac{\rho_o \cdot \eta_v}{p_i \cdot l_o \cdot \alpha} \quad (3)$$

где ρ_o - плотность заряда на впуске;

η_v - коэффициент наполнения;

p_i – среднее индикаторное давление;

l_o – теоретически необходимое количество воздуха необходимого для сгорания 1 кг топлива;

α - коэффициент избытка воздуха.

Среднее эффективное давление p_e является одним из важнейших показателей, характеризующих нагрузку двигателя, полноту и своевременность сгорания топлива, степень наддува и совершенство конструкции в целом. Среднее эффективное давление рассчитывается по формуле 4 [8].

$$p_e = p_i - p_m \quad (4)$$

где p_i – индикаторное давление;

p_m – среднее давление механических потерь.

Отношение эффективного давления p_e к индикаторному давлению p_i называется механическим коэффициентом полезного действия определяется по формуле 5[8].

$$\eta_m = p_e / p_i \quad (5)$$

Механический КПД показывает, какая часть энергии, выделившейся в цилиндрах при сгорании топлива, расходуется на внутренние потери.

Эффективный КПД – характеристика двигателя, отражающая степень использования теплоты с учетом всех видов потерь как тепловых, так и механических. Представляет собой произведение индикаторного η_i и механического η_m КПД и рассчитывается по формуле 6.

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m \quad (6)$$

Эффективный удельный расход топлива определяет экономичность двигателя. Эффективный удельный расход топлива g_e вычисляется по формуле 7[8].

$$g_e = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_e} \quad (7)$$

где H_u – низшая теплота сгорания топлива;

η_e - эффективный КПД.

Результаты расчетов отобразим в виде графиков, где по оси абсцисс будет откладываться процентное содержание иницирующей водородной добавки по массе к основному моторному топливу, а по оси ординат будут откладываться значения индикаторных параметров и эффективных показателей.

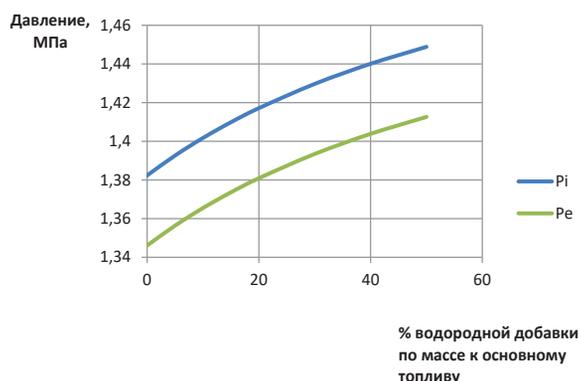


Рисунок 1 – Зависимость индикаторного и эффективного давлений от добавки водорода

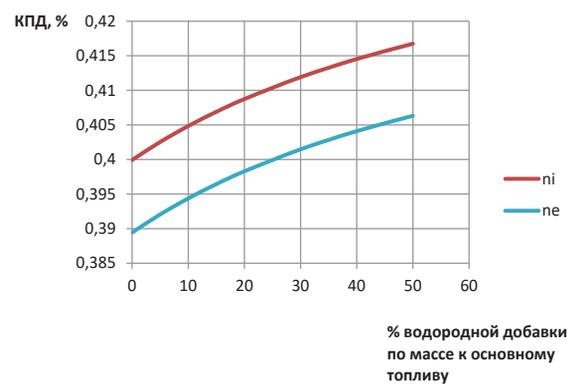


Рисунок 2 – Зависимость индикаторного и эффективного КПД от добавки водорода

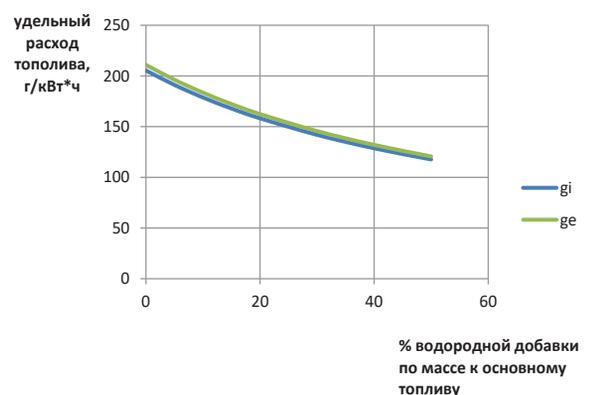


Рисунок 3 – Зависимость индикаторного и эффективного удельных расходов топлива от добавки водорода

Из графиков, представленных на рисунках 1-3 хорошо видно, что добавка водорода к основному моторному топливу положительно влияет на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя, а в частности увеличивает КПД, индикаторное и эффективное давление, снижает удельные расходы топлива. Однако, стоит отметить, что у нас нет физической возможности заменить большое количество основного моторного топлива водородом, это обусловлено физико-химическими свойствами водорода а именно его низкой плотностью. При дальнейших расчетах необходимо принимать в качестве ограничивающего фактора количество максимально возможной добавки водорода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате теплового расчета выявлено, что применение водорода в качестве иницирующей добавки к основному топливу может благоприятно отразиться на индикаторных параметрах и эффективных показателях работы двигателя.

2. Проведенные расчеты дают возможность принципиально установить влияние иницирующей добавки, подаваемой в камеру сгорания, на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя. Однако стоит отметить, что для достижения более точных результатов необходимо скорректировать расчеты с ограничивающего фактора - количества максимально возможной добавки водорода.

3. Ввиду того что на индикаторные параметры и эффективные показатели работы двигателя тесно связаны, то при дальнейших расчетах для оценки влияния иницирующей добавки к основному моторному топливу будет необходимо и достаточно отображать только эффективные показатели работы двигателя.

4. Для получения более полной картины влияния иницирующей добавки на работу двигателя, необходимо провести расчет с использованием модели, учитывающей геометрию камеры сгорания двигателя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомин, В.М. Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ / В.М. Фомин, А.С. Платунов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4(22). – С. 30-39.

2. Певнев, Н.Г. Анализ свойств водорода с целью возможности его применения в качестве добавки к основному топливу / Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук / Прогрессивные технологии в транспортных системах. – 2015. – С. 304-309.

3. Перетрухин, С.Ф. Бортовой генератор синтез-газа для ДВС с искровым зажиганием

/ С.Ф. Перетрухин, О.Ф. Бризицкий, В.А. Кириллов, Н.А. Кузин, С.И. Козлов // Транспорт на альтернативном топливе, – 2010. – № 5(17). – С. 68-74.

4. Мацкерле Ю., Современный экономичный автомобиль / В. Б. Иванова, А. Р. Бенедиктова. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.

5. Физико-химические свойства и способы добычи водорода / В.В. Понамарчук // Фундаментальные и прикладные науки - основа современной инновационной системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Студентов, аспирантов, и молодых учёных 02-13 фев. 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 27-32.

6. Смоленская, Н.М. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Н.М. Смоленская, В.В. Смоленский, А.П. Шайкин // Прогресс транспортных средств и систем. – 2009. – С. 247-248.

7. Талда, Г.Б. Повышение топливной экономичности и снижение токсичности бензиновых двигателей добавкой водорода к бензину : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.04.02 / Г.Б.Талда ; науч. рук.доц. А.И. Мищенко ; Харьковский автомобильно-дорожный институт – Харьков, 1984. – 213 с.

8. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб.пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – М. :Выш. шк., 2008. – 496 с.

9. Eriksson, L. Spark Advance Modeling and Control / L. Eriksson // Doctoral thesis. – 1999. - 207 с.

10. Heywood, J.B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine / J.B. Heywood // International symposium COMODIA. – 1994. - 930 с.

INFLUENCE OF HYDROGEN ADDITIVE TO FUEL, ON INDICATOR AND EFFECTIVE PARAMETERS AUTOMOBILE ICE

N.G. Pevnev, V.V. Ponamarchuk

Abstract. The idea that use of hydrogen as the initiating component to the main fuel, leads to increase in indicator and effective indices of ICE is justified. Special attention is paid to physical and chemical properties of hydrogen and its role when burning in the combustion chamber. In article the example of theoretical calculation of parameters of a working body and calculation of separate indicator and effective parameters is carried out. Calculation is made for the petrol four-stroke engine with the distributed injection of fuel and electronic control by a feed system and ignitions, in case of different percentage ratios of gasoline and hydrogen. Results of calculations are analyzed.

Keywords: Hydrogen, the initiating additive, indicator parameters, effective parameters, automobile ICE.

REFERENCES

1. Fomin V. M., Platonov A. S. Hydrogen as a chemical reagent for improving the performance of automotive engine with direct injection of gasoline [Transport on alternative fuel]. 2011, no 4(22), pp. 30-39.
2. Pevnev N. G., Ponamarchuk V. V. Analysis of the properties of hydrogen to its use as an additive to the main fuel [Progressive technologies in transport systems]. 2015, pp. 304-309.
3. Peretrukhin F. S., Brizitsky A. F., Kirillov V. A., Kozlov S. I. Board generator synthesis gas for the internal combustion engine with spark ignition [The alternative fuel Transport]. 2010, no 5(17), pp. 68-74.
4. Mackerle Y. Modern economical car. Moscow, Mashinostroenie, 1987. 320 p.
5. Ponamarchuk V. V. Physico-chemical properties and methods of hydrogen production [Fundamental and applied science - the Foundation of modern innovation system]. Materials of Intern. scientific.-tech. Conf. Students, postgraduates, and young scientists, 2015, – pp. 27-32.
6. Smolenskaya N. M. The influence of additives of hydrogen on the combustion process in petrol engines with spark ignition [Progress vehicles and systems]. 2009, pp. 247-248.
7. Talda, G. B. Improving fuel economy and reducing the toxicity of gasoline engines by the addition of hydrogen to gasoline. Kharkov, 1984. – 213 p.
8. Kolchin A. I., Demidov V. P. Calculation of automobile and tractor engines [Manual for schools]. Moscow. : Higherschool, 2008. 496 p.
9. Eriksson, L., Spark Advance Modeling and Control [Doctoral thesis]. 1999. 207 p.
10. Heywood, J. B. Combustion and its modelling in spark-ignition engine [International symposium COMODIA]. 1994. 930 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Певнев Николай Гаврилович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: pevnev_ng@sibadi.org).

Pevnev Nikolai Gavrilovich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the department «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: pevnev_ng@sibadi.org).

Понамарчук Владимир Викторович (Омск, Россия) – аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей», ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: skif9210@mail.ru).

Vladimir V. Ponamarchuk (Omsk, Russia) – postgraduate student department of «Maintenance and repair of vehicles», Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: skif9210@mail.ru).

УДК 656.13

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ ПРОСТОЯ ПОД ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫМИ РАБОТАМИ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ МАЛЫХ НЕНАСЫЩЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕВОЗОК СТРОИТЕЛЬНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

*Е.С. Федосееenkova, Е.Е. Витвицкий
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия*

Аннотация. Исследовано влияние времени простоя при выполнении погрузки-разгрузки на результаты работы групп автотранспортных средств в совокупности малых ненасыщенных автотранспортных систем перевозок грузов. Решение задачи представлено на примере перевозки кирпича на поддонах от завода-изготовителя в городе подвижным составом общего пользования. Установлены зависимости результатов работы групп автотранспортных средств в совокупности малых автотранспортных систем, выполнена их проверка на адекватность исследуемому процессу.