БОУ ВО Курганский государственный университет (640020, г. Курган, ул. Советская 63, стр. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

Vasilyev Valery Ivanovich is Doctor of Engineering, professor of "Motor Transport and Car Service" department Kurgan state university (640020, Kurgan, Sovetskaya St. 63, p. 4, e-mail: vvprof@rtural.ru).

УДК 656.065.36

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ ДОБАВКИ К ОСНОВНОМУ МОТОРНОМУ ТОПЛИВУ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.Г. Певнев, В.В. Понамарчук
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. *Обосновывается идея о том, что применение водорода в качестве инициирующей добавки к основному топливу, приводит к повышению экономических и экологических показателей ДВС. Особое внимание уделено физико-химическим свойствам водорода и его роли при горении в камере сгорания. В статье проводится пример теоретического расчета параметров рабочего тела и расчета количества отдельных компонентов продуктов сгорания. Расчет произведён для бензинового четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, при различных процентных соотношениях бензина и водорода. Анализируются результаты расчетов.*

Ключевые слова: *Водород, инициирующая добавка, экология, продукты сгорания, автомобильный двигатель.*

ВВЕДЕНИЕ

Начало второй половины XX столетия ознаменовалось интенсивным процессом автомобилизации. Развитие автомобильного транспорта предопределило четко выраженные и противоречивые тенденции. С одной стороны, достигнутый уровень автомобилизации, отражая технико-экономический потенциал развития общества, способствовал удовлетворению социальных потребностей населения, а с другой – обусловил увеличение масштаба негативного воздействия на общество и окружающую среду, приводя к нарушению экологического равновесия на уровне биосферных процессов. Очевидная позитивность первой тенденции способствовала чрезвычайно быстрому росту количества автомобилей, что повлекло за собой ярко выраженные нежелательные последствия.

К концу века возникла, повсеместно проявила себя и накрепко обосновалась новая угроза жизненно важным интересам личности, общества, государства – реальная экологическая опасность для жизнедеятельности, связанная с достигшим гигантских масштабов уровнем автомобилизации.

С точки зрения наносимого экологического ущерба, автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия.

Экологические проблемы, связанные с использованием традиционного моторного топлива в двигателях транспортных средств, актуальны не только для России, но и для всех стране мира. Во многих странах мира приняты жесткие требования по экологизации автотранспорта. В настоящее время многие зарубежные моторостроительные фирмы взяли курс на решение задачи достижения нулевой токсичности отработанных газов. Их опыт показывает, что добиться этого можно только в случае использования альтернативных видов моторного топлива. Именно поэтому, практически все перспективные экологически чистые автомобили, проектируются под альтернативные виды топлива. Разработка и создание двигателей для таких автомобилей, безусловно, требует огромных материальных затрат.

ПУТИ РАЗВИТИЯ

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 – оно как минимум не должно ухудшаться в большей степени, чем при использовании традиционного топлива.

РОЛЬ ВОДОРОДА ПРИ ГОРЕНИИ ТОПЛИВА

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 объёме [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, проведёнными 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].

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

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 экологические и экономические показатели двигателя возможно посредствам расчета параметров рабочего тела и расчета количества отдельных компонентов продуктов сгорания. Это позволит с достаточной степенью точности аналитическим путем определить экологические параметры вновь проектируемого двигателя, и сравнить их с реально существующим двигателем.

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 приведены расчеты параметров рабочего тела и количества отдельных компонентов продуктов сгорания четырехтактного двигателя с распределенным впрыском топлива и электронным управлением системой питания и зажигания, предназначенного для легкового автомобиля.

Задание среднего элементарного состава топлива. Для расчета в качестве основного моторного топлива принят: автомобильный бензин. Элементарный состав бензина на прямую зависит от типа содержащихся в нем углеводородных соединений, что в свою очередь зависит от месторождения нефти, из которой произведен бензин. В среднем, элементарный состав бензина в процентном соотношении представляет: углерод – 85,5-86,0%; водород – 14,4-14,0%; азот – 0,0-0,03%; сера – 0,01% [6]. Для расчета средний элементарный состав принят: углерод – 85,5%; водород – 14,5%; содержанием азота и серы пренебрежем.

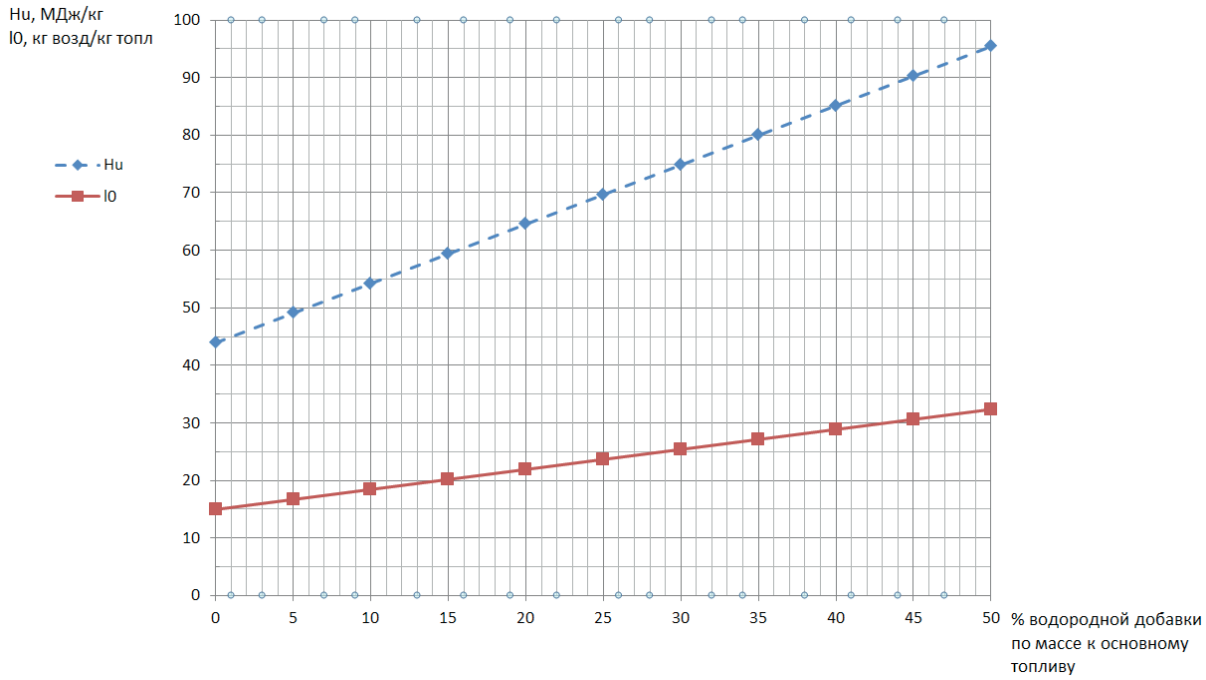

Рис. 1. Зависимость низшей удельной теплоты сгорания и теоретически необходимого количества воздуха от добавки водорода

В качестве добавки при расчетах использован чистый водород в газообразном состоянии.

Расчеты произведены для различных процентных соотношений бензина и водорода от 0 до 50% с шагом 5% добавки водорода к основному моторному топливу по массе. Средний элементарный состав топлива рассчитывался в процентном соотношении отдельно для основного моторного топлива и отдельно для водородной добавки.

Начальным этапом расчета параметров рабочего тела является определение низшей теплоты сгорания топлива и теоретически необходимого количества воздуха. Теплота сгорания – это количество теплоты выделившейся при полном сгорании массовой (объёмной) единицы вещества. Низшая теплота сгорания определяется по формуле Менделеева [8], которая в нашем случае имеет вид

$$H_u = 33{,}91 \cdot C + 125{,}60 \cdot H -$$

$$- 10{,}89 \cdot (O - S) - 2{,}51 \cdot (9H + W), \quad (1)$$

где C, H, O, S – процентное содержание в топливе (углерода, водорода, кислорода и серы соответственно); W – содержание влаги.

Определяется теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, L_0 – кмоль воздуха/кг топлива; l_0 – кг воздуха/кг топлива.

$$L_0 = \frac{1}{0{,}208} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32}\right). \quad (2)$$

$$l_0 = \frac{1}{0{,}23} \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot C + 8 \cdot H - O\right). \quad 3)$$

Стоит отметить, что при расчете параметров рабочего тела при горении топливовоздушной смеси с применением водородной добавки, низшая удельная теплота сгорания и теоретически необходимое количество воздуха рассчитывались отдельно для 1кг бензина и отдельно для определенного процента водородной добавки и в дальнейшем суммировались. Приведем необходимое количество воздуха при разных соотношениях основное топливо - водород к постоянному значению с учетом обеспечения стехиометрического соотношения, путем уменьшения доли основного моторного топлива. Произведем повторный расчет низшей удельной теплоты сгорания получившейся смеси [9, 10].

Следующим этапом расчета параметров рабочего тела является определяем количе-

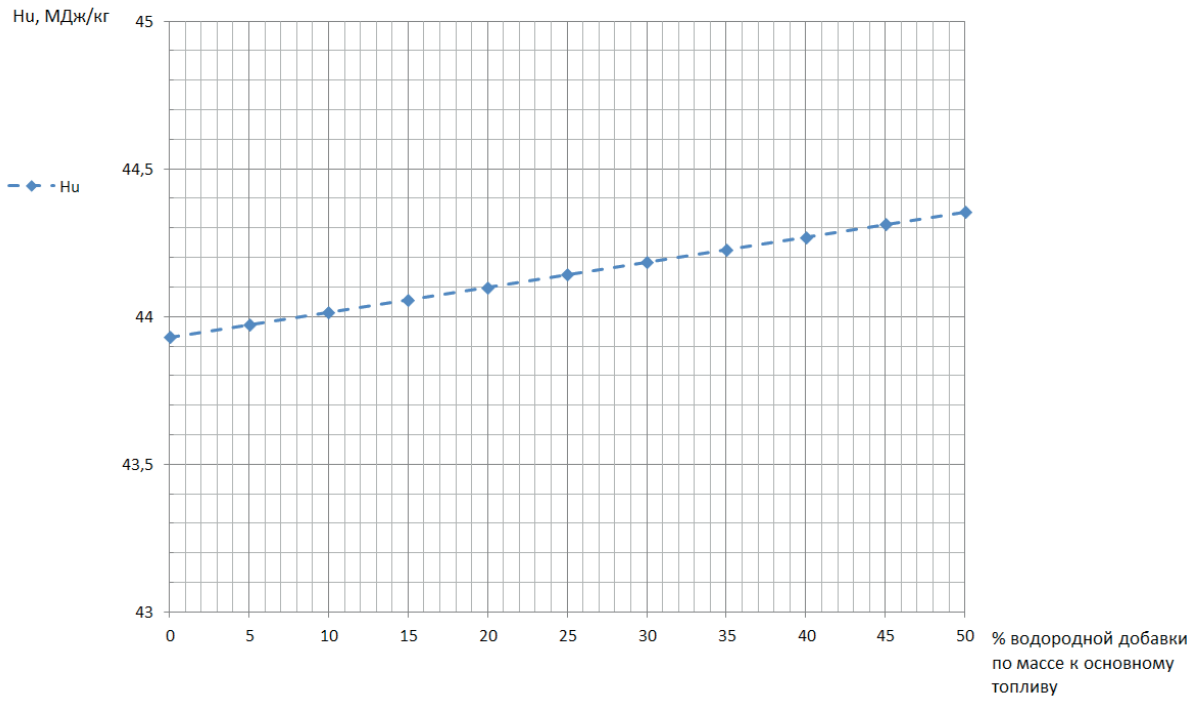

Рис. 2. Зависимость низшей удельной теплоты сгорания от добавки водорода

ства горючей смеси, которое определяется по формуле 4:

$$M_1 = \alpha \cdot L_0 + \frac{1}{m_T}, \quad (4)$$

где – коэффициент избытка воздуха, который принимается =1,0 – для основных режимов работы, =0,96 – для режима минимальной частоты вращения (холостой ход), =0,98 - для режима максимальной скорости движения (максимальные обороты); – средняя молекулярная масса топлива.

После определения теоретически необходимого количества воздуха и количества горючей смеси можно приступать к определению количества отдельных компонентов продуктов сгорания для различных режимов работы двигателя, которые определяются по формулам 5 – 9 [8]. Результаты расчетов для режима холостого хода сведены в график, представленный на рисунке 3.

$$M_{CO2} = \frac{C}{12} + 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0{,}208 \cdot L_0. \quad (5)$$

$$M_{CO} = 2 \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0{,}208 \cdot L_0. \quad (6)$$

$$M_{H2O} = \frac{H}{2} - 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0{,}208 \cdot L_0. \quad (7)$$

$$M_{H2} = 2 \cdot K \cdot \frac{1-\alpha}{1+K} \cdot 0{,}208 \cdot L_0. \quad (8)$$

$$M_{N2} = 0{,}792 \cdot \alpha \cdot L_0. \quad (9)$$

Однако нельзя не отметить, что данный расчет опирается только на физико-химические свойства отдельных веществ и не охватывает в полной мере процессы, происходящие в камере сгорания ДВС. Кроме того данный подход не отражает реальную картину процессов, протекающих в двигателе. Прежде всего, не учитывались переменный состав рабочего тела, теплоотвод и динамика подвода теплоты. Принятая модель сгорания никак не учитывает продолжительность сгорания и скорость горения, в связи с этим, при оценке работы двигателя с использованием различных видов топлива, конечные параметры, будут зависеть только от энергетических особенностей топлива. Поэтому данная методика расчета удобна лишь для предварительной оценки предполагаемого уровня экономичности и нагруженности рассчитываемого двигателя.

ВЫВОДЫ

1. Актуальность данной темы обусловлена возрастающим количеством автомобильного транспорта и решением проблемы его воздействия на качество городской среды и здоровье населения.

2. В результате анализа физико-химических свойств водорода выявлено, что приме-

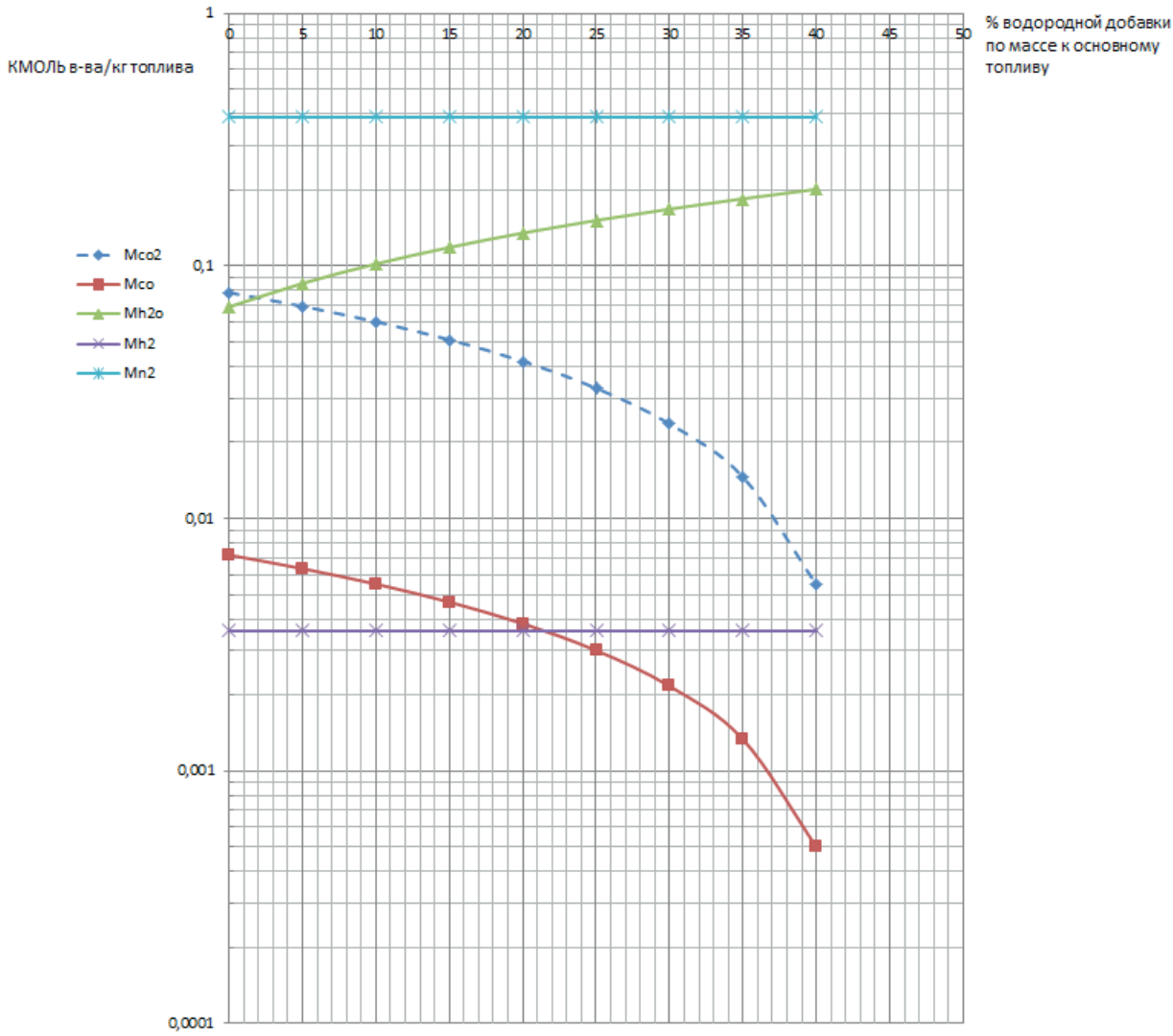

Рис. 3. Зависимость отдельных компонентов продуктов сгорания от добавки водорода

нение водорода в качестве инициирующей добавки к основному топливу может благоприятно отразиться на экологических показателях ДВС.

3. Проведенные расчеты дают возможность принципиально установить влияние инициирующей добавки, подаваемой в камеру сгорания, на экологические показатели двигателя. Однако стоит отметить, что для достижения более точных результатов необходимо скорректировать расчеты с учетом влияния скорости горения и распространению фронта пламени. Так же необходимо более качественно отработать алгоритм согласования подачи водородной добавки относительно основного моторного топлива и количества воздуха.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фомин, В.М. Водород как химический реагент для совершенствованья 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. Ки-

риллов, 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. : Высш. 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 ECOLOGICAL INDICATORS AUTOMOBILE ICE

N. Pevnev; V. Ponamarchuk

Abstract. *The idea that use of hydrogen as the initiating additive to the main fuel, leads to increase in economic and ecological indicators of ICE is proved. Special attention is paid to physical and chemical properties of hydrogen and its role when burning in a combustion chamber. In article the example of theoretical calculation of parameters of a working body and calculation of quantity of separate components combustion materials is carried out. The calculation is for four-stroke petrol engine with multipoint injection and electronically controlled power supply system and ignition at different percentage ratios of gasoline and hydrogen. Results of calculations are analyzed.*

Keywords: *Hydrogen, the initiating additive, ecology, combustion materials, automobile ICE.*

REFERENCES

1. Fomin V. M., Platunov 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. : Higher school, 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 Говрилович (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры Эксплуатация и ремонт автомобилей ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира,5).

Nikolai G. Pevnev (Omsk, Russia) – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of Department of Exploitation and repair of cars of Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira ave., 5).

Понамарчук Владимир Викторович (Омск, Россия) – аспирант 3го года обучения, направления 23.06.01 «Техника и технологии наземного транспорта» (644080, г. Омск, пр. Мира,5, E-mail: skif9210@mail.ru).

Vladimir V. Ponamarchuk (Omsk, Russia) –3rd year student of postgraduate courses, directions 23.06.01 "technology of surface transport" Siberian State Automobile and Highway University (644080, Omsk, Mira ave., 5, E-mail: skif9210@mail.ru).

УДК 355.54

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

И.Ю. Шевченко, С.С. Поярков, С.С. Зиновьев
Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск, Россия

Аннотация. *В статье рассматривается проблема выбора тренажера для подвижных средств технического обслуживания и ремонта. В ходе исследования приведены подходы к разработке тренажеров разными предприятиями, а также их недостатки. На основе правил ациклического логического алгоритма приведена классификация учебно-тренировочных средств, которая позволила сформулировать путь решения по данной проблеме. В ходе работы обоснован рациональный выбор использования комплексных тренажеров в качестве базового прототипа с целью дальнейшего создания учебно-тренировочного средства для подготовки специалистов подвижных средств технического обслуживания и ремонта.*

Ключевые слова: *учебно-тренировочное средство, тренажеростроение, подвижное средство технического обслуживания и ремонта, комплексный тренажер.*

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных технологий предопределило изменение в подходах к созданию новых образцов техники. Это утверждение в полной мере относится к процессу разработки и эксплуатации систем профессиональной подготовки специалистов к деятельности в сложных технических средах, к которым относятся и учебно-тренировочные средства для образцов техники.

Целью данной работы ставится решение проблемы выбора тренажера подвижного средства технического обслуживания, для его дальнейшего создания, которое позволит повысить качество подготовки специалистов подвижных средств технического обслуживания и ремонта.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПСТОР

На современном этапе в Вооруженных силах РФ эксплуатируется большое количество учебно-тренировочных средств (УТС) для подготовки специалистов.

Все это свидетельствует о том, что решение вопросов организации эффективной технической подготовки операторов в современных условиях и получение качественных ее результатов, напрямую связано с техническим уровнем оснащения средств обучения и их возможностями. [1]

Современный этап развития тренажеростроения характеризуется широким практическим применением различных технологий, позволяющих создавать технические средства