

В настоящее время биодизельные топлива, изготавливаемые в Украине, не отвечают этому стандарту. По косвенной оценке по КПД двигателя из шести исследованных биодизельных топлив только два приближаются к показателям зарубежного биодизельного топлива. При использовании биодизельного топлива необходимо ориентироваться на экономический критерий, например, на стоимость одного кВт·ч. В противном случае использование биодизельного топлива будет экономически невыгодно по сравнению с традиционным дизельным топливом.

Можно предположить, что полученные отличия вызваны разными составами масел и технологиями получения топлив. Поэтому желательно сравнить показатели двигателя при работе на биодизельных топливах, изготовленных из одного масла по разным технологиям и из разных масел по одной технологии.

Литература:

1. Korbitz W. Status and Development of Biodiesel Production and Projects in Europe // SAE Technical Paper Series.- 1995. - № 952768.- P. 249-254.

2. Марченко А. П., Минак А. Ф., Семенов В. Г., Линьков О. Ю., Шпаковский В. В., Обозный С. В. Расчетно-экспериментальные исследования по оценке влияния подогрева альтернативных топлив на показатели работы дизеля // Вестник Национального технического университета «ХПИ», Двигатели внутреннего сгорания, Харьков: 2005. - № 1. - С.8-17.

3. Матиевский Д. Д., Кулманаков С. П., Лебедев С. В., Шашев А. В. Применение топлива на основе рапсового масла в дизелях / Ползуновский вестник. Барнаул (Россия) - 2006. - № 4. - С. 118-127.

4. Bannikov M. G., Tyrlovoy S. I., Vasilev I. P., Chattha A. J. Investigation of characteristics of a fuel injection pump of a diesel engine fuelled with viscous vegetable oil-diesel oil blends // Proc. Instn. Mech. Engrs. Part D. Journal of Automobile Engineering, 2006. - Vol. 270.- № 6. - P. 787-792.

5. Zlobin V. N., Bannikov M. G., Vasilev I. P., Cherkasov J. A., Gawrilenko P. N. Potential of use of ion implantation as a means of catalyst manufacturing // Automobile Engineering. - 2002. - Vol. 216.- № D5. - P. 385-390.

6. EN 14214:2003. Топливо для автомобилей. Метилловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Требования и методы анализа. - Европейский Комитет по стандартизации. - 13 с.

7. Смайлис В., Сенчила В., Берейшене К. Моторные испытания РМЭ на высокооборотном дизеле воздушного охлаждения // Двигателестроение. - 2005. - №4 (222). - С. 45-49.

8. Патент на корисну модель 20873 Україна, С 10 L 1/08. Біодизель / Остраухова О. К., Остраухов А. Є., Остраухов О. Є. (UA).- № u200609347; Заявлено 28.08.06; Опубл. 15.02.07. Бюл. №2.

РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВОДОРОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Галышев Ю.В.

(Санкт-Петербургский государственный политехнический университет)

Представление о водороде как о "топливе будущего" достаточно прочно утвердилось как среди специалистов, так и массовом сознании – по крайней мере среди тех, кого вообще интересует будущность энергетики и транспорта. Без преувеличения можно сказать, что две проблемы, которые неотвратимо стоят перед

человечеством – истощения запасов углеводородных топлив и опасности нарастающего загрязнения окружающей среды – таят в себе вполне реальную перспективу гибели цивилизации под воздействием ей же созданных угроз. Замена углеводородных топлив водородом могла бы радикально решить их.

Моторные свойства водорода – высокая детонационная стойкость, быстрое сгорание и широкие пределы воспламеняемости – благоприятствуют созданию автомобильных двигателей, использующих его в качестве топлива. Вместе с тем существует ряд проблем, затрудняющих получение таких же мощностных показателей, как у бензинового двигателя.

Во-первых, хотя теплотворная способность водорода в расчете на единицу массы почти втрое выше, чем у бензина, стехиометрическое соотношение по отношению к воздуху также примерно втрое выше. В сочетании с низкой плотностью газообразного водорода это приводит к тому, что теплота сгорания единицы объема стехиометрической водородо-воздушной смеси ниже, чем у бензовоздушной. Это означает пропорциональное снижение литровой мощности при равных условиях организации процесса. В какой-то мере это снижение может быть компенсировано за счет более быстрого и полного сгорания водорода. Кроме того, существует еще ряд причин, затрудняющих использование стехиометрических смесей в водородном двигателе.

Одной из проблем, связанных с переводом существующих двигателей на водородное топливо, является опасность преждевременного ("калильного") воспламенения водородосодержащей смеси. На этот факт было обращено внимание еще в 50-е годы прошлого века, причем тогда речь шла не о водородном топливе в чистом виде, а о работе двигателей на генераторных газах, содержащих некоторое количество водорода [1]. Преждевременное воспламенение приводит к "обратным вспышкам" смеси во впускном коллекторе, достаточно опасным с точки зрения надежности и безопасности эксплуатации. Аналогичные явления были обнаружены большинством исследователей и в опытах с подачей водорода в двигатель. Их причиной является не самовоспламенение смеси, а ее контакт с нагретыми деталями камеры сгорания или отработавшими газами, поскольку в условиях опытов достижение объемной температуры конца сжатия не могло достигать температуры самовоспламенения (580°C). Детальное и всестороннее исследование этой проблемы было выполнено еще в начале 80-х годов в Технологическом институте Мисаши, Токио [2]. Авторами рассмотрены условия, при которых водородо-воздушная смесь воспламеняется нагретой металлической деталью и струей горячего газа. Анализ этих данных показывает, что во избежание калильного зажигания температура наиболее нагретых поверхностей камеры сгорания не должна превышать 700°C, а предельное значение температуры отработавших газов, контакт с которыми может вызвать воспламенение смеси, составляет приблизительно 600°C. Таким образом, из упомянутых выше экспериментов следует, что обеспечить работу водородного двигателя при внешнем смесеобразовании без "обратных вспышек" возможно при коэффициенте избытка воздуха не ниже 2.

Необходимо также учитывать, что повышенные температуры в зоне горения приводят к ускоренному образованию окислов азота за счет окисления атмосферного азота. Это может свести на нет эффект от устранения окислов углерода и углеводородов, поскольку окислы азота обладают более сильным отравляющим действием, чем соединения углерода.

Таким образом, для получения всех преимуществ, которые потенциально дает водородное топливо, необходимо учесть весь комплекс факторов, которые могут

вызвать ухудшение мощностных, экономических и экологических показателей, и наметить пути их устранения или компенсации.

Наиболее целесообразный путь решения таких задач заключается в комплексном моделировании всей совокупности процессов в двигателе. В этом случае, в отличие от экспериментальных подходов, можно получить сравнимые данные о результатах тех или иных мероприятий, не зависящие от их конкретной конструктивной реализации. Более того, могут рассматриваться граничные случаи, реализация которых может оказаться весьма затруднительной при существующем уровне технологий.

Базой проведенного исследования служили математические модели и соответствующие программы для ЭВМ, разработанные и постоянно совершенствуемые кафедрой ДВС СПбГПУ. Основные принципы моделирования изложены в публикации [3]. Ниже мы остановимся только на особенностях моделирования, связанных с поставленной задачей.

В расчет рабочего цикла введены уточнения, связанные с учетом объема газообразного водорода, состава продуктов сгорания, их теплоемкости. Характеристика тепловыделения задавалась по формуле И.И. Вибе, в которой параметры сгорания m и φ_z определялись по зависимостям, полученным на основе экспериментальных данных [4]:

$$\frac{\varphi_z}{\varphi_{z0}} = 0,267 + 0,733 \frac{u_{i0}}{u_i} \frac{\alpha_0}{\alpha} \left(\frac{p}{p_0} \right)^{0,26} \left(\frac{T_0}{T} \right)^2,$$

$$\frac{m_0}{m} = -0,4 + 1,4 \frac{u_{i0}}{u_i} \left(\frac{\alpha_0}{\alpha} \right)^{0,5},$$

где p , T – средние значения давления и температуры рабочего тела за период рабочего хода; u_n – нормальная скорость сгорания топлива; α – коэффициент избытка воздуха; индекс “0” соответствует базовому режиму работы двигателя.

Моделирование температурного состояния деталей камеры сгорания осуществлялось с помощью метода конечных элементов с граничными условиями, рассчитываемыми по методикам изложенным в [3].

Для оценки выбросов оксидов азота с отработавшими газами использовался "расширенный" механизм Я.Б.Зельдовича. Расчет температур в зоне сгорания проводился по двухзонной модели.

Результаты расчета температурного состояния деталей камеры сгорания подтвердили, что в камере сгорания имеются вполне вероятные источники воспламенения водорода, из которых наиболее опасными являются изолятор свечи зажигания, температура которого при работе на бензине на номинальном режиме составляет около 1000°С, и выпускной клапан с температурой 800°С.

Результаты расчета параметров рабочего процесса и эмиссии NO_x при различных способах организации работы водородного двигателя представлены на рис.1,2.

Расчет, проведенный в предположении, что опасность "хлопков" и ухудшенное наполнение при работе на водороде устранены за счет внутрицилиндровой подачи газа, показывает, что мощность водородного двигателя может быть доведена до номинальной и даже несколько увеличена за счет более быстрого сгорания смеси, т.к. возможна организация рабочего процесса при $\alpha = 1$. Температуры деталей при этом остаются приблизительно такими же, как при работе на бензине, т.е. опасность преждевременного воспламенения сохраняется. Кроме того, концентрация окислов азота увеличивается, по сравнению с бензиновым вариантом с 0,36% до

0,58%. Следовательно, даже если бы такие параметры двигателя удалось реализовать конструктивно, этот вариант неприемлем по токсичности отработавших газов.

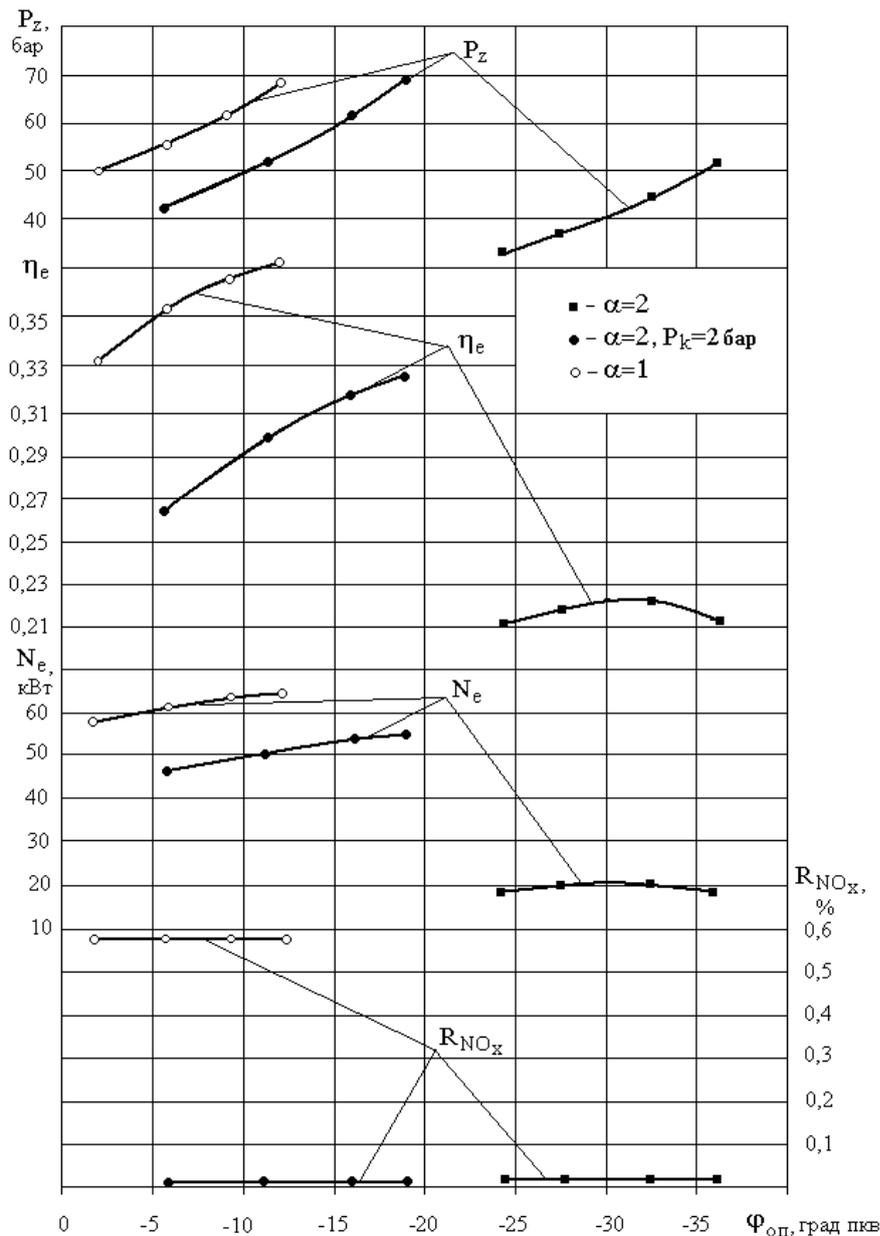


Рис. 1. Регулирующие характеристики по углу опережения зажигания двигателя ВАЗ, работающего на водородном топливе (дроссельная заслонка полностью открыта, $n=5500$ мин⁻¹)

Реально осуществим без значительных конструктивных переделок двигателя вариант с коэффициентом избытка воздуха 2 и внешним смесеобразованием. В этом случае температура изолятора свечи не выходит за допустимый предел, а концентрация окислов азота снижается до 0,08%. Эффективная

мощность двигателя, однако, снижается при этом до 20,2 кВт. Такой двигатель имеет высокий индикаторный к.п.д., однако эффективный к.п.д. существенно снижается по причине увеличения доли механических потерь при дефорсировании двигателя. Таким образом, можно создать малотоксичный двигатель ценой существенного снижения его мощности. Такое решение, очевидно, мало приемлемо.

Наиболее очевидным способом компенсации потери мощности является применение газотурбинного наддува при том же значении коэффициента избытка воздуха. Для того, чтобы при этом не было существенного повышения температуры сгорания, требуется охлаждение наддувочного воздуха до 70°C, что вполне осуществимо при использовании современных эффективных воздухо-воздушных теплообменников. В этом случае, как показывают расчеты, температура деталей в опасных точках камеры сгорания не выходит за допустимые пределы, а концентрация окислов азота оказывается такой же низкой, как и при работе на водороде при $\alpha = 2$ без наддува. Определенные проблемы при этом связаны с повышением максимального давления сгорания, которое, однако, может быть компенсировано

уменьшением угла опережения зажигания. При этом приходится мириться с некоторым снижением эффективного КПД.

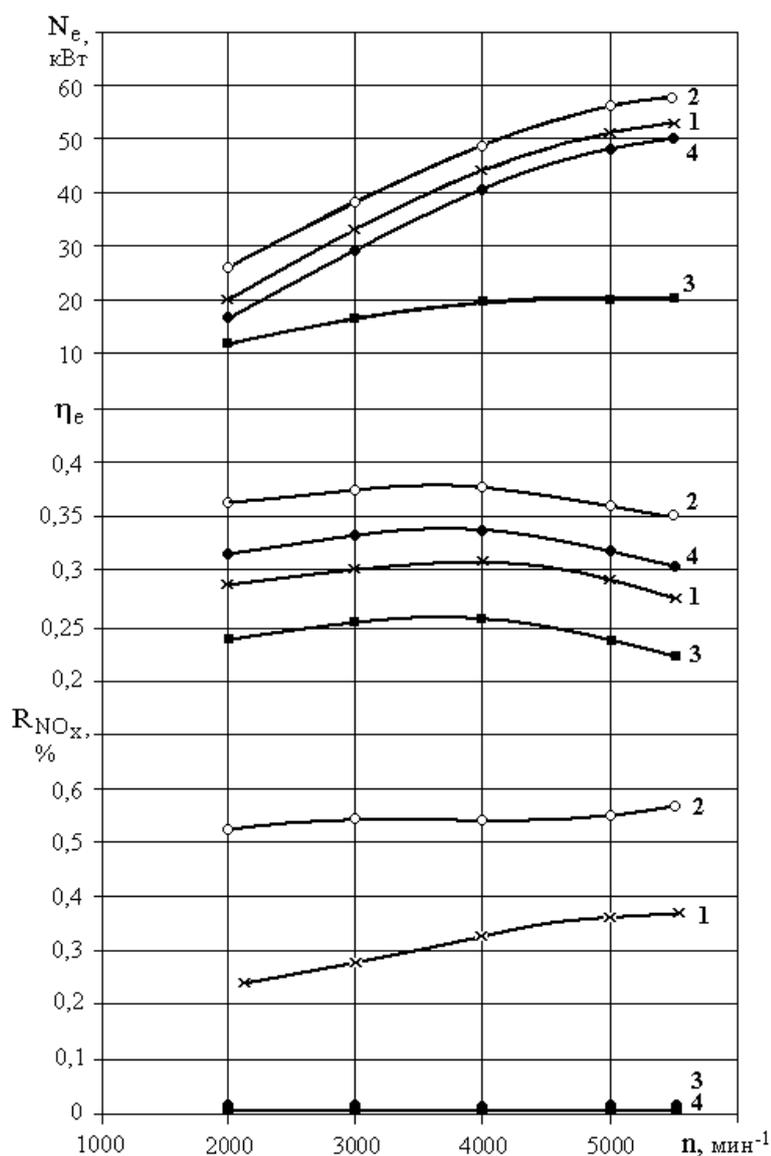


Рис. 2. Внешние скоростные характеристики двигателя ВАЗ: 1 – бензин, $\alpha = 1$; 2 – водород, $\alpha = 1$; 3 – водород, $\alpha = 2$; 4 – водород, $\alpha = 2$, $P_k = 2$ бар

Расчетная проверка параметров на режиме внешней скоростной характеристики показывает, что водородный двигатель с наддувом превосходит бензиновый по эффективному КПД во всем диапазоне частот вращения, причем низкая концентрация окислов азота также сохраняется во всем диапазоне. Более значительные преимущества водородного двигателя по сравнению с бензиновым могут быть получены при работе на частичных нагрузках, т.к. широкие пределы воспламеняемости водородовоздушных смесей

позволяют применить качественное регулирование мощности.

Проведенное исследование позволяет наметить основные направления развития водородных двигателей, которое должно базироваться на использовании обедненных смесей и применении наддува с охлаждением наддувочного воздуха. Разработанный комплекс расчетных методов позволяет осуществлять оценку любых сочетаний режимов и конструкций двигателей.

Литература:

1. Харитонов Б.А. Исследование явления обратных вспышек в газовом двигателе // Труды ЦНИДИ № 30, 1956, с.98-125
2. Enomoto R., Furuhami S., Nishiguchi T. Ignitability of Hydrogen-Air Mixture by Hot Surfaces and Hot Gases in Hydrogen-Fueled Engine // JSAE Rev. №5, 1981, p. 23-29
3. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС. Алгоритмы прикладных программ. Под общ. ред. Р.М.Петриченко. – Л.: Машиностроение. 1990, 328 с.

4. Галышев Ю.В., Вылегжанин Г.А., Румянцев В.В., Серебренников В.А. Влияние пароводородной добавки в рабочую смесь карбюраторного двигателя на процессы сгорания и тепловыделения //Науч.тр. Л.: ЛПИ.– 1983.– № 394.– с.29–33.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В ПОЛНОМ ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ

Козлов А.В. (ФГУП «НАМИ»)

Человечество ищет пути выхода из экологического и энергетического кризиса. По мере истощения запасов нефти и природного газа все больший интерес привлекают к себе возобновляемые источники энергии. В двигателях внутреннего сгорания могут использоваться биотоплива, получаемые из биомассы. Наибольший интерес для условий Российской Федерации представляет биодизельное топливо. Биодизельное топливо обладает целым рядом преимуществ в сравнении с дизельным топливом нефтяного происхождения: имеет более высокое цетановое число, исключительно низкое содержание серы в топливе, безвредно для окружающей среды, снижает выбросы СО, СН и частиц при работе дизеля, снижает выбросы парниковых газов (с учетом поглощения СО₂ из атмосферы в период роста биомассы).

Представляет интерес количественная оценка эффективности применения биодизельных топлив в дизелях с учетом затрат энергии, выбросов вредных веществ и экономики использования этого вида альтернативных топлив. В современных условиях целесообразно производить оценку эффективности применения биотоплив в полном жизненном цикле [1,2].

Проведенный анализ литературных данных и данных экспериментальных исследований позволил выбрать для анализа несколько вариантов топлив: смесевые топлива, содержащие различное количество биодизельного топлива и биодизельное топливо в чистом виде. В рассмотрение включены два вида биотоплив потенциально применимых для условий Российской Федерации: из рапсового масла и из соевого масла. Все варианты биотоплив, рассматриваемые в данной статье представлены в табл. 1.

Таблица 1 Варианты топлив для проведения анализа жизненного цикла

Вариант топлива	Обозначение
Смесь 20% биодизельного топлива из сои и 80% дизтоплива	Б20 (соя)
Смесь 50% биодизельного топлива из сои и 50% дизтоплива	Б50 (соя)
Биодизельное топливо из сои	Б100 (соя)
Смесь 20% биодизельного топлива из рапса и 80% дизтоплива	Б20 (рапс)
Смесь 50% биодизельного топлива из рапса и 50% дизтоплива	Б50 (рапс)
Биодизельное топливо из рапса	Б100 (рапс)

В анализ для сопоставления включено также традиционное нефтяное дизельное топливо.

На основании математической модели материальных и энергетических потоков, а также методик расчета ущерба, наносимого окружающей среде, и расчета экономической эффективности применения биотоплив [3,4], были проведены расчеты показателей в полном жизненном цикле для всех выбранных вариантов. В ходе расчетов были определены: расход невозобновляемых природных ресурсов;