

УДК 621.43

**ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ ГАЗОВЫХ ДОБАВОК В ДВС
НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ****Алешникова Мария Александровна**
магистрант**Федосеенко Дмитрий Владимирович**
магистрант**Пивцаев Александр Николаевич**
аспирант

Тольяттинский государственный университет, Тольятти

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Исследуется влияние добавок водорода на экономические показатели двигателя внутреннего сгорания при гетерогенном способе формирования ТВС.

Ключевые слова: водород; гетерогенное горение; ДВС; топливовоздушная смесь (ТВС); стендовые испытания двигателя; альтернативное топливо; экономические показатели; токсичность.

**INFLUENCE OF ACTIVE GAS ADDITIVES IN DVS
ON ECONOMIC INDICATORS****Aleshnikova Maria Aleksandrovna**
undergraduate**Fedoseenko Dmitry Vladimirovich**
undergraduate**Pivtsayev Alexander Nikolaevich**
graduate student

Tolyatti State University, Tolyatti

Abstract. Influence of additives of hydrogen on economic and indicators of the engine internal combustion is investigated at a heterogeneous way of formation of TVS.

Key words: hydrogen; heterogeneous burning; DVS; fuel-air mix (TVS); bench tests of the engine; alternative fuel; economic indicators; toxicity.

На данный момент, в современном двигателестроении, выделяются два основных направления снижения расхода топлива:

- подбор конструктивных параметров двигателя, разработка и настройка системы управления
- изменение физико-химических свойств топлива, то есть применение альтернативных топлив.

К первому направлению относятся разработка конструкции камеры сгорания, конструкции впускной и выпускной систем, выбор системы питания, степени сжатия, фаз газораспределения и т.д. [1]. В настоящее время указанное направление развития ДВС реализуется в системах изменения степени сжатия, изменения фаз газораспределения, организации рабочего процесса на бедных и сверх бедных смесях с послойным смесеобразованием. Однако данный подход связан с серьезным усложнением конструкции двигателя, что существенно увеличивает его стоимость, снижает надежность, ужесточает требования к технологии изготовления узлов ДВС [1].

Второе направление, связано с непосредственным изменением процессов, в частности процесса сгорания и заключается в применении альтернативных топлив. К альтернативным, можно отнести топлива, не являющиеся продуктом переработки нефти [3]. Данное направление признано наиболее перспективным, так как не происходит существенного усложнения конструкции двигателя, изменение касаются, в основном, только системы питания [4]. Основные преимущества альтернативных топлив: способность работать при высокой степени сжатия, более 12, устойчивая работе на бедных смесях, низкой токсичности отработавших газов.

Последнее время широкое применение стали получать ДВС, работающие на природном газе. Это связано с тем, что данные двигатели обладают хорошими показателями по токсичности и достаточно высокой эффективностью. Основные преимущества газового ДВС:

- высокий предел обеднения смеси $\alpha = 1,35-1,45$;
- шире диапазон качественного регулирования;
- низкая скорость нарастания давления (жесткость сгорания);
- низкая стоимость топлива;
- относительно низкая эмиссия углеводородов CH , окиси углерода CO и твердых частиц.

Работы, направленные на исследование процесса сгорания водорода, показывают, что наиболее актуальным является его применение в качестве добавки к основному топливу [9].

Эксперименты показывают, что даже незначительная добавка водорода существенно увеличивает предел стабильного горения, увеличивает максимальное давление цикла, снижает межцикловую неравномерность. Некоторое увеличение скорости нарастания давления $\frac{dP}{d\varphi}$ говорит об увеличении скорости горения ТВС.

Не смотря на известные преимущества применения альтернативных топлив, в частности природного газа с добавкой водорода, двигатели, использующие подобные источники энергии не нашли широкого применения. Одним из факторов, тормозящих развитие, является сложность при проектировании таких ДВС и отсутствие надежной теоретической модели процесса сгорания.

Начальным этапом проектирования двигателя является тепловой расчет.

Можно выделить три основные методики:

1. Идеальный теоретический цикл ДВС.
2. Методика Мазинга-Гриневецкого.
3. Методика И.И. Вибе.

В настоящее время наибольшее распространение получила модель сгорания, предложенная И.И. Вибе, которая наиболее точно передает характер протекания реального процесса [5].

Однако существует ряд сложностей при применении данной методики для расчета двигателя, работающего на альтернативном топливе, на режиме холостого хода. Для проведения расчета необходимо знать такие параметры как коэффициент использования теплоты ξ_z , продолжительность сгорания φ_z , коэффициент сгорания m . Указанные параметры невозможно определить теоретическим путем, они могут быть получены после анализа экспериментальных данных.

Для определения указанных параметров были проведены испытания.

Испытания проводились в моторном боксе кафедры «Энергетические машины и системы управления» Тольяттинского государственного университета, оборудованном в соответствии с ГОСТ 14846-81. Дополнительно стенд был оснащен электронной системой подачи природного газа фирмы LP GAZ. Водород в двигатель подавался через впускной коллектор. При проведении испытаний, помимо стандартных показателей двигателя, предусмотренные ГОСТ 14846-81 «Автомобильные двигатели. Методы стендовых испытаний», производились измерения следующих показателей:

- расхода воздуха G_v , кг/ч;
- расхода водорода G_H , кг/ч;
- температуры отработавших газов, на расстоянии одного метра от фланца выпускного коллектора двигателя в месте установки нейтрализатора, °С.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема моторного бокса.

Оценка влияния добавки водорода на процесс сгорания природного газа определялся на трех различных расходах водорода: 0, 0,2 кг/ч, 0,3 кг/ч. При этом производилось снятие регулировочных характеристик ДВС по составу смеси, изменение которого осуществлялось в диапазоне коэффициентов избытка воздуха от 0,8 до 2,3. Частота вращения коленчатого вала поддерживалась постоянной и равнялась 880 мин^{-1} . Угол

опережения зажигания выбирался оптимальным по минимальному расходу природного газа.

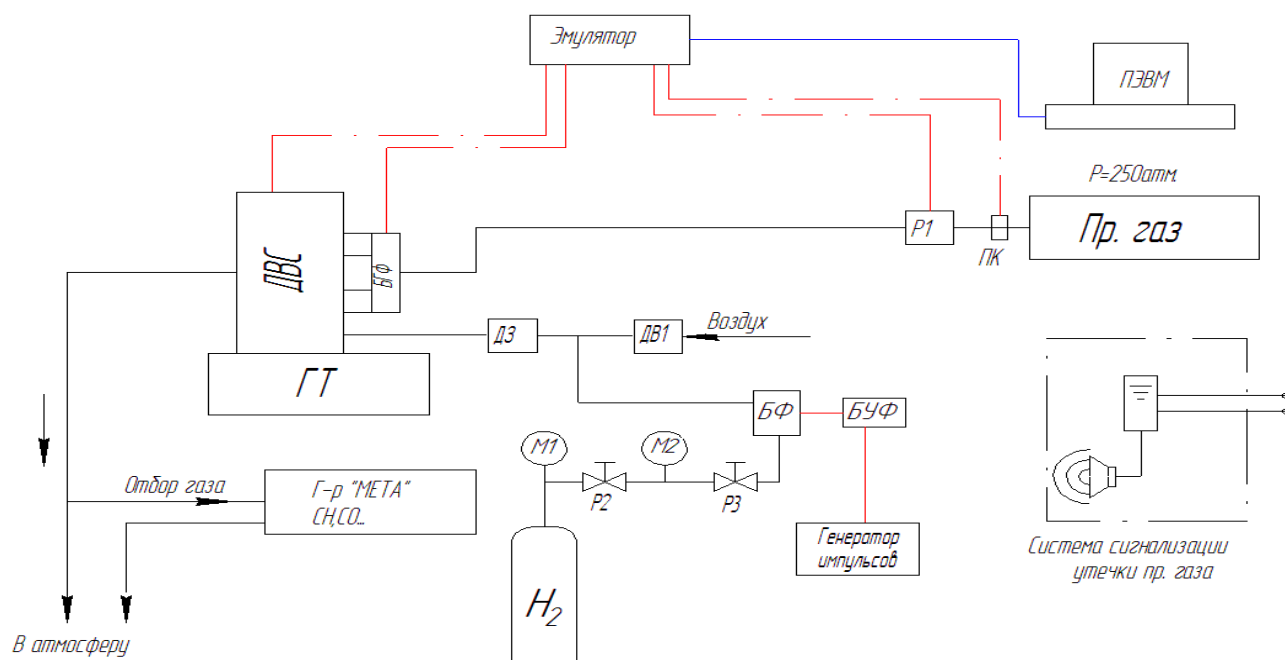


Рис. 1. Принципиальная схема бокса

На рисунке 2 представлены полученные регулировочные характеристики.

На рисунке 3 представлена зависимость подведенной теплоты в цилиндр ДВС с топливом от коэффициента избытка воздуха α .

В каждой точке регулировочной характеристики проводилось индицирование двигателя. Были получены графики изменения давления внутри цилиндра и значения с датчика положения коленчатого вала (ДПКВ).

С помощью программного комплекса Excel была произведена обработка полученных данных и получены отдельные индикаторные диаграммы [6]. По 5-10 индикаторным диаграммам производилось осреднение.

Проведенный анализ погрешности результатов измерения давления показал, что относительная погрешность составила порядка 5 %.

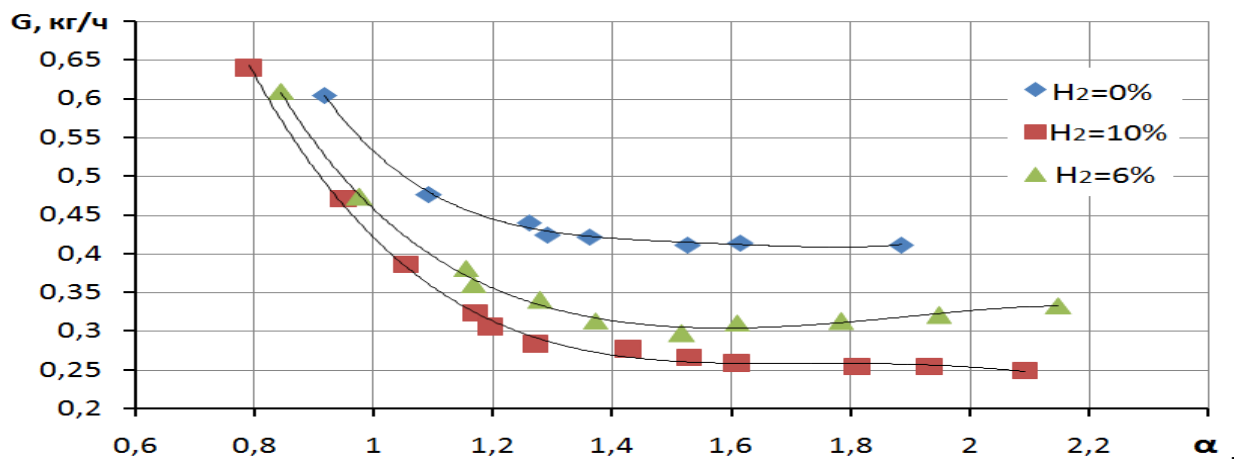


Рис. 2. Регулировочная характеристика по составу смеси, $n = 880 \text{ мин}^{-1}$, $УОЗ = \text{опт}$

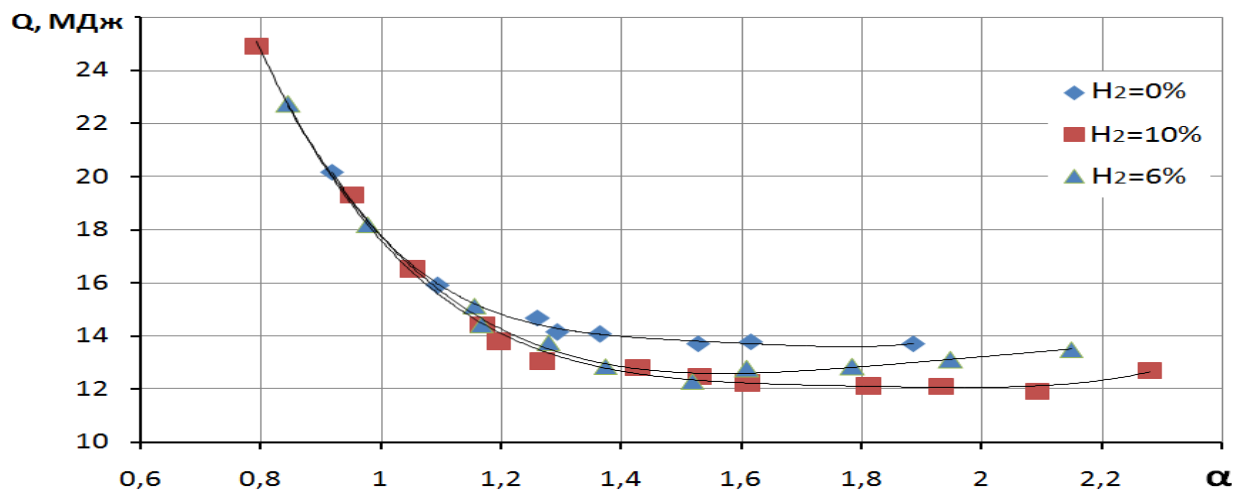


Рис. 3. Зависимость подведенной теплоты от коэффициента избытка воздуха

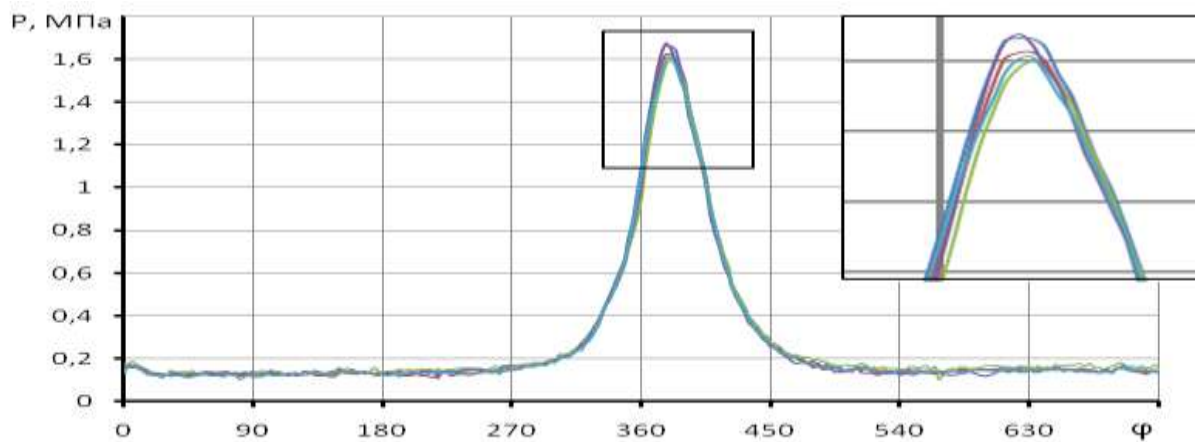


Рис. 4. Экспериментальные индикаторные диаграммы ($\alpha = 1,05$; $H_2 = 0,3 \text{ кг/ч}$)

Оценка влияния добавки водорода на процесс сгорания ТВС проводился по продолжительности сгорания (по углу поворота коленчатого вала). Определение продолжительность сгорания производилось по методике, предложенной Б.С. Стечкиным.

На рисунке 5 представлены зависимости изменения продолжительности сгорания φ_z от состава от коэффициента избытка воздуха (рисунок 3).

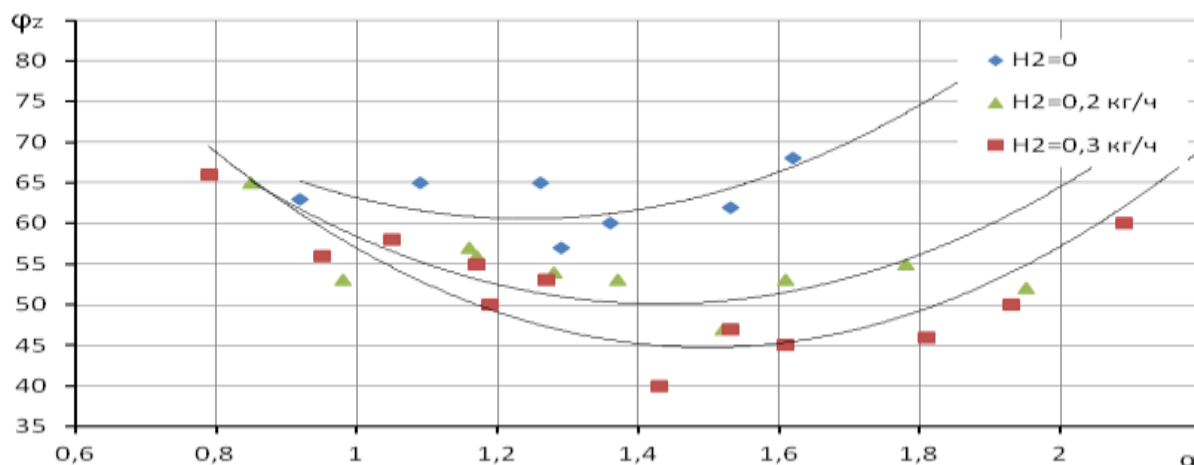


Рис. 5. Зависимость продолжительности сгорания от α

На основании методике расчета действительного цикла ДВС предложенного И.И. Вибе [5] производился расчет двигателя при различных значениях α и количестве водорода в топливе. При этом значения неизвестных параметров (ξ_z и m) определялись методом подбора таким образом, что бы полученная расчетная индикаторная диаграмма как можно точнее соответствовала осредненной. В ходе подбора было определено, что показатель сгорания m влияет как на положение максимума давления P_z после ВМТ, так и на его величину, в то время как коэффициент ξ_z использования теплоты – только на величину. В результате проведенного исследования были получены значения коэффициентов ξ_z и m при различных значения коэффициента избытка воздуха и размерах добавки водорода. На основании данных исследования установ-

лены зависимости изменения ξ_z , φ_z и m от коэффициента избытка воздуха α и размера добавки водорода.

Для иллюстрации на рисунке 6 представлена поверхность изменения продолжительности сгорания. Из рисунка видно, что при обеднении смеси продолжительность сгорания смеси начинает снижаться до некоторого минимального значения, а после чего происходит стремительное увеличение φ_z . Применение добавки водорода приводит к тому, что значение, соответствующее минимуму φ_z сдвигается в область бедных смесей с $\alpha = 1,2$ для чистого природного газа до $\alpha = 1,7$ при 10 % водорода.

На рисунке 7 представлена поверхность изменения коэффициента использования тепла ξ_z и точки, по которым происходило построение. Из рисунка видно, что значение ξ_z при обеднении смеси вначале увеличивается, достигая своего максимума в районе $\alpha = 1,1-1,2$, а после происходит спад. Такой характер изменения вызван тем, что при обеднении смеси происходит увеличение скорости горения ТВС. Снижается время сгорания, что способствует уменьшению потерь тепла. При этом максимальное значение ξ_z соответствует минимальному значению φ_z .

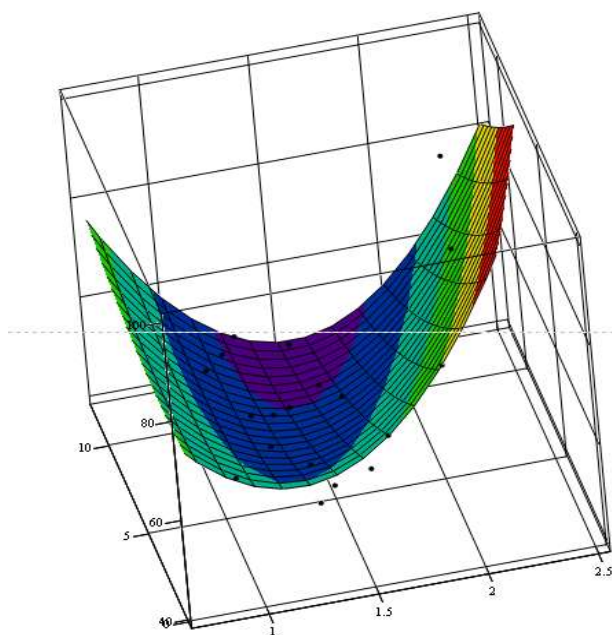


Рис. 6. Поверхность изменения продолжительности сгорания φ_z

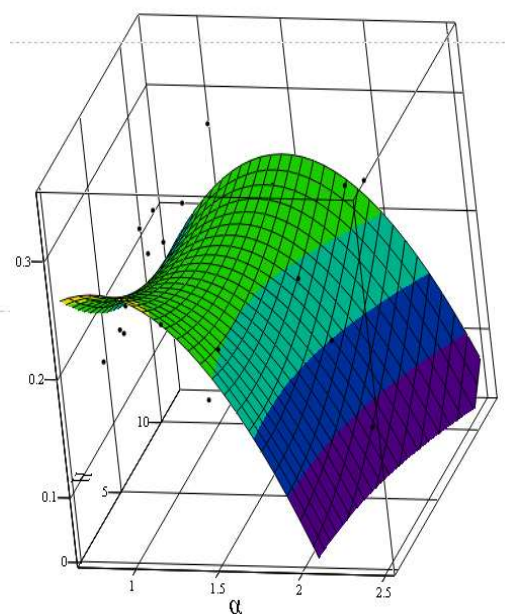


Рис. 7. Поверхность изменения коэффициента использования тепла ξ_z

Заключение

В результате выполненных работ сделаны следующие выводы.

1. Установлены зависимости влияния добавки водорода на количество подведенной теплоты на режимах холостого хода, в частности:
 - на участке богатых смесей добавка водорода не оказывает влияние количество подведенной теплоты;
 - минимальное значение количества подведенной теплоты достигается в диапазоне $\alpha = 1,8-2,0$ при добавке водорода в 10 % по массе;
 - при обеднении смеси (выше $\alpha = 1$) количество подведенной теплоты по асимптоте приближается к предельному значению.
2. Снижение расхода топлива при 10 % добавке водорода в диапазоне $\alpha = 1,2-1,4$ составляет в среднем 7 %, при $\alpha = 1,4-1,8$ – 10 %.
3. На основании экспериментальных данных установлены зависимости изменения параметров рабочего процесса φ_z , ξ_z и m от коэффициента избытка воздуха и количества водорода.
4. Полученные зависимости параметров φ_z , ξ_z и m позволяют проводить расчет процесса сгорания на режиме холостого хода по методике, предложенной И.И. Вибе.

Список использованных источников

1. Двигатели внутреннего сгорания: учебник для вузов по спец. «двигатели внутреннего сгорания» / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1984.
2. Зельдович Я.Б. Теория горения и детонации газов. М.: АН СССР, 1994. 70 с.
3. Исследование процессов сгорания в двигателе, работающем на водороде: экспресс-информация ВНИИТИ, Поршневые и газотурбинные двигатели № 8. М., 1988.
4. Исследование рабочего процесса двигателя ВАЗ 2111 с добавкой водорода: отчет о НИР / ТолПИ, ОАО АВТОВАЗ. 2000. № 01.20.0004377.
5. Вибе И.И. Тепловой расчет двигателей внутреннего сгорания: методическое пособие. Челябинск: Министерство высшего и среднего специального образования СССР, Челябинский политехнический институт имени Ленинского комсомола, 1972. 100 с.
6. Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений / П.В. Новицкий, И.А. Зограф. Л.: Энергоавтомиздат, Ленинград. отделение, 1985. 248 с.
7. Райков И.Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания. М.: Высш. Школа, 1975. 320 с.
8. Ложкин М.Н. Расчет и анализ параметров рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания / М.Н. Ложкин, А.М. Дзюбан / под ред. А.П. Шайкина. Тольятти: ТГУ, 2007. 84 с.
9. Бортников Л.Н., Павлов Д.А., Русаков М.М. Экспериментальная и расчетная оценка эффективности применения водорода на автомобиле // Автомобильная промышленность. 2013. № 6. С. 33-36.