

ловый эфир это газ со слабовыраженным эфирным запахом (что затрудняет его определение в воздухе персоналом) является слабым наркотиком, угнетающе действующим на нервную систему, периодический контроль является неэффективным. Особо опасен прорыв паров ДМЭ в кабину водителя, что может привести к трагическим последствиям. Отсутствуют так же типовые инструкции и примерные программы инструктажей, учитывающие особенности ДМЭ для водителей и персонала. Можно привести и другие примеры, как несовершенства, так и отсутствия нормативной базы по безопасному применению диметилового эфира в качестве топлива.

Таким образом, диметиловый эфир являясь весьма перспективным топливом с точки зрения экологической безопасности, что подтверждается многочисленными исследованиями, может не получить преимуществ по сравнению с традиционными нефтяными топливами если не будет создана нормативная база по безопасному применению ДМЭ в качестве автомобильного топлива.

### **ВЛИЯНИЕ ОБВОДНЕНИЯ БИОЭТАНОЛА НА ИНДИКАТОРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ТОКСИЧНОСТЬ ДВС С УНИФИЦИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ПРОЦЕССОМ**

**Гарипов М.Д., Зиннатуллин Р.Ф., Сакулин Р.Ю.** (Уфимский государственный авиационный технический университет);

В работах [1, 3] описан унифицированный рабочий процесс, который позволяет объединить лучшие качества двух существующих типов двигателей: топливную экономичность дизеля и удельную мощность бензинового ДВС. Потенциал снижения и закономерности эмиссии вредных веществ в условиях унифицированного рабочего процесса изучены на данный момент недостаточно.

Работы [2, 4, 6] доказывают, что наиболее оптимальным методом понижения уровня токсичности поршневого двигателя является обводнение топливовоздушной смеси. Кроме того, в работах [5, 8, 9, 10] обосновывается возможность использования обводнённого этанола в качестве топлива для поршневого ДВС.

В работе [1] показано, что подход к смесеобразованию и воспламенению, заложенный в унифицированном рабочем процессе, позволяет воспламенять водные растворы этанола с большим содержанием воды единичным искровым разрядом, формируемым стандартной автомобильной системой зажигания [7].

Таким образом, целью работы является исследование возможности снижения токсичности в унифицированном рабочем процессе при увеличении содержания воды в водном растворе этанола без существенного снижения мощностных и экономических показателей двигателя.

#### ***Экспериментальный двигатель.***

Унифицированный рабочий процесс реализован на базе четырехтактного дизельного двигателя Д-65Н. Геометрическая степень сжатия в серийном варианте равна 17,3, в экспериментальном варианте снижена до 12,5. На двигателе имеется возможность регулирования углов опережения зажигания и впрыска.

На рис. 1 представлена схема конструктивной реализации предлагаемого рабочего процесса. Топливо с небольшим количеством воздуха поступает в полость компрессор-форсунки, где происходит предварительная стадия смесеобразования - подогрев, дробление, перемешивание и частичное испаре-

ние топлива. Поршень компрессор-форсунки приводится в движение от коленчатого вала двигателя. На такте сжатия за счет движения поршня компрессор-форсунки происходит впрыск топливовоздушного факела в рабочую камеру двигателя, в которой окончательно формируется топливовоздушная смесь. Зажигание смеси осуществляется искровым разрядом от свечи зажигания на периферии топливовоздушного факела. Система зажигания имеет традиционную конструкцию и параметры разряда, характерные для современных бензиновых двигателей. Компрессор-форсунка оснащена необходимыми устройствами для дозирования топлива и воздуха в зависимости от режима работы двигателя.

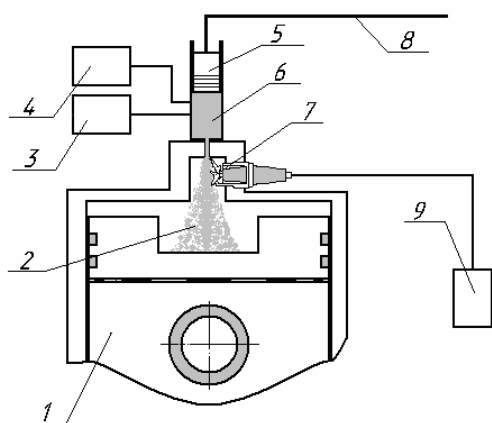


Рис. 1. Схема конструкции для реализации унифицированного рабочего процесса: 1 – поршень; 2 – факел обогащенной топливовоздушной смеси; 3,4 – устройства дозирования топлива и воздуха для компрессор-форсунки; 5 – поршень компрессор-форсунки; 6 – компрессор-форсунка; 7 – свеча зажигания; 8 - привод компрессор-форсунки от вала двигателя (условно); 9 – катушка системы зажигания.

#### **Методика экспериментального исследования.**

В экспериментах использовались водные растворы этанола различной концентрации (95, 70, 45% объемных). При работе на каждом виде топлива снимались индикаторные диаграммы двигателя и определялся состав отработавших газов. Измерения проводились на частоте вращения вала двигателя, соответствующей частоте вращения при максимальном крутящем моменте (1100 – 1200 об/мин). Такие же измерения произведены при работе двигателя на базовом дизельном топливе со штатной системой топливоподачи.

Впрыскивание топлива производилось в начале такта сжатия, что позволяет в процессе экспериментов сосредоточиться на изучении влияния концентрации воды в смеси на выбросы вредных веществ с отработавшими газами. В процессе исследования было установлено, что используемая аппаратура не способна адекватно анализировать эмиссию недогоревших углеводородов (*СН*) ввиду высокого содержания паров воды в отработавших газах. В связи с этим, анализ полноты и качества сгорания топлива проводился посредством регистрации эмиссии оксида углерода (*СО*).

Испытательный режим был выбран из условия наибольшей близости к условиям работы базового двигателя на режиме полной нагрузки ( $a \approx 1.4$ ), что даёт возможность сопоставить результаты.

Для точного определения контролируемых параметров на каждом исследуемом режиме для каждого топлива снималась регулировочная характеристика по углу опережения впрыска топлива (в диапазоне 45 – 75 градусов до в.м.т.) и углу опережения зажигания (в диапазоне 5 – 20 градусов до в.м.т.).

#### **Результаты и обсуждение.**

Для удобства анализа полученные значения исследуемых параметров были сгруппированы в сводные графики (рис 2 – 5) таким образом, чтобы представить

одновременно два важнейших условия: максимум значения среднего индикаторного давления и минимум значения эмиссии оксидов азота. Также на графиках приведены соответствующие значения исследуемых параметров для базового двигателя, что позволило провести сравнение характеристик экспериментального двигателя с базовыми.

На рис. 3 приведена экспериментальная зависимость выбросов оксидов азота от содержания воды в спиртоводном растворе. В результате испытаний было достигнуто снижение эмиссии оксидов азота в 19 раз по сравнению с базовым двигателем без существенного понижения среднего индикаторного давления (рис. 2).

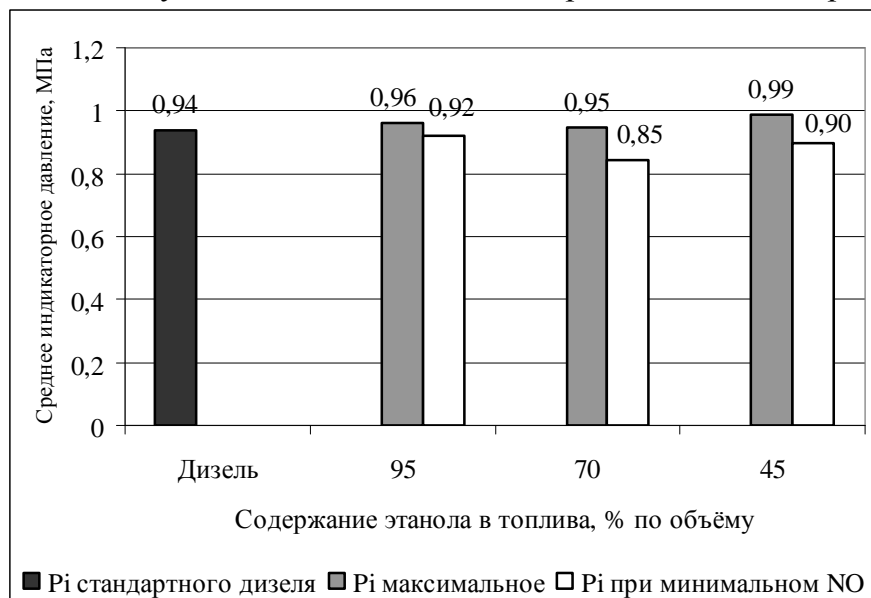


Рис. 2. Зависимость изменения среднего индикаторного давления от вида топлива; режим частичной нагрузки



Рис. 3. Зависимость изменения эмиссии оксидов азота от вида топлива; режим частичной нагрузки

На рис. 4 представлено изменение содержания оксида углерода в продуктах сгорания от содержания воды в спиртоводном растворе. С увеличением содержания воды в спиртоводном растворе не наблюдается роста эмиссии CO, но при этом общий уровень эмиссии ниже в 1,5 – 2 раза, чем в базовом двигателе. Это свидетельствует о том, что полнота сгорания не ухудшается.

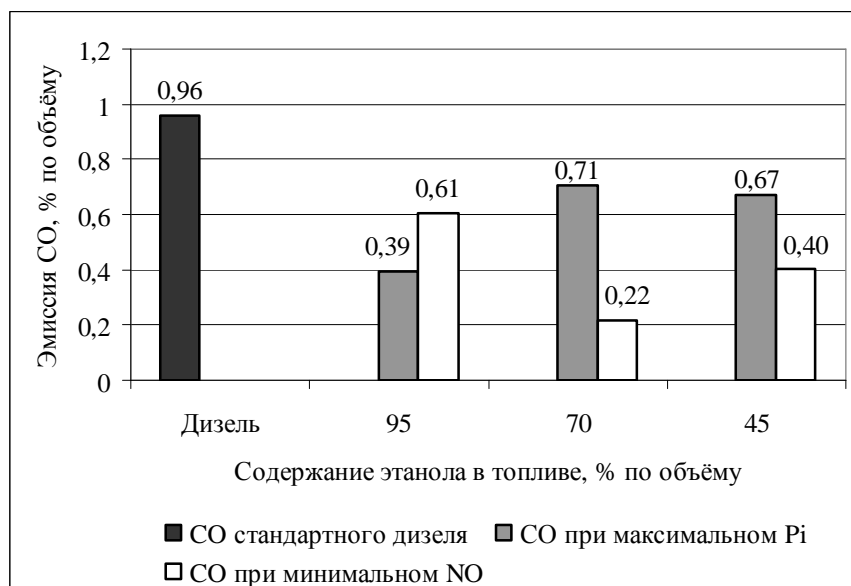


Рис. 4. Зависимость изменения эмиссии CO от вида топлива; режим частичной нагрузки

**Заключение.** Таким образом, экспериментально подтверждена возможность работы двигателя с унифицированным рабочим процессом на водных растворах этанола с высоким содержанием воды в спиртоводном растворе. Показано, что в унифицированном рабочем процессе возможно достижение радикального снижения выбросов оксидов азота при увеличении количества воды в спиртоводной смеси без увеличения выбросов продуктов неполного сгорания и ухудшения эффективных показателей двигателя.

#### Литература:

1. Гарипов М. Д., Гарипов К.Н., Хафизов А.Г. Искровое воспламенение в условиях глубокого расслоения топливоздушного заряда в рабочей камере ДВС // Вестник УГАТУ. 2007. Т.9, №6 (24). – с. 114 – 120.
2. Гарипов М.Д., Гиниятов А.А., Сакулин Р.Ю. Влияние воды на кинетику окисления метановоздушных смесей в условиях поршневого ДВС // Вестник УГАТУ. 2008. Т.11, №2 (29) – с. 74 – 84.
3. Еникеев Р.Д., Гарипов М. Д. Рабочий процесс перспективного поршневого ДВС/ Р.Д. Еникеев, М. Д. Гарипов // Вестник УГАТУ. 2006. Т.7, №3 (16).– с.12–22.
4. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Учеб. пос. – М.: Академический проспект, 2004. – 400 с.
5. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства. Биотопливо: перспективы, риски и возможности // Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций, Рим, 2008. – 159с.
6. Тумановский А.Г., Гутник М.Н., Васильев В.Д., Булысова Л.В., Гутник М.М. Проблема и пути создания малотоксичных камер сгорания для перспективных стационарных ГТУ// Теплоэнергетика, 2006, №4. – с.22-25
7. Baumgarten C. Mixture Formation in Internal Combustion Engines // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – 294 p.
8. Beyerlein S. et al. Homogeneous charge combustion of aqueous ethanol // Research and special programs administration U.S. department of transportation, final report, 2001, - 25p.
9. Mack J.H., Flowers D.L., Aceves S.M., Dibble R.W. Direct Use of Wet Ethanol in a Homogeneous Charge Compression Ignition (HCCI) Engine: Experimental and Numerical Results // Fall Meeting of the Western States Section of the Combustion Institute Sandia National Laboratories, Livermore, CA, 2007. – 15 с.

10. Sugarcane-based bioethanol : energy for sustainable development // co-ordination BNDES and CGEE – Rio de Janeiro, 2008 - 304 p.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ

Елагин М.Ю. (Тулский государственный университет).

В последние годы во всем мире проявляется интерес к альтернативным видам топлив, получаемых путем переработки древесных и растительных отходов. К ним относят: этанол, диметиловый эфир, бутанол, диэтиловый эфир и т.п.

Для теоретических и экспериментальных исследований работы двигателей необходимы достаточно полные и точные данные по термодинамическим и теплофизическим свойствам этих топлив.

В данной работе был разработан программный комплекс, позволяющий при минимуме исходных данных определить термодинамические и теплофизические свойства любого рабочего вещества. Полученные результаты по различным рабочим веществам сравнивались с данными приведенными в [1, 3] и показали весьма удовлетворительную точность.

В качестве примера приведены результаты расчета свойств диметилового эфира ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ). Диметиловый эфир – одно из первых рабочих тел паровых компрессионных холодильных машин, которые появились в XIX в. Его молекулы не имеют углерод-углеродных химических связей, способствующих сажеобразованию при горении, содержание связанного кислорода в нем достигает 35%. По физическим свойствам диметиловый эфир подобен сжиженному пропан-бутановому газу, что делает возможным использование его как экологически безопасного хладагента и как дизельного топлива [2]. Ниже перечислены частные методики [1], позволившие реализовать общую методику расчета:

-уравнение состояния Редлиха – Квонга (R-Kw) использовалось для расчета данных по перегретому и сухому насыщенному пару;

-метод Лимана – Деннера использовался для расчета удельной теплоемкости насыщенной жидкости;

-метод Брока и Берда использовался для определения поверхностного натяжения жидкости;

-метод Чепмена – Энскога использовался для определения динамической вязкости пара;

-по методу остаточной вязкости определялась динамическая вязкость пара, зависящая от давления;

-по методам Ван – Вельцена, Кардазо и Лангекампа определялась динамическая вязкость жидкости;

-по модифицированному методу Ейкена определялась теплопроводность пара;

-по методу Сато и Риделя определялась теплопроводность жидкости;

-методом Ганна и Ямады определялась плотность насыщенной жидкости;

-для определения давления насыщенных паров использовалось уравнение Гарлахера.

При расчетах использовалась следующая таблица исходных данных.