

качестве компрессора для откачки, сжатия и конденсирования паров смеси бутан – пропан, может быть применен для реализации рабочего цикла типа Брайтона – Ренкина.

- Определены организации – разработчики и производители основных элементов НТСЭУ;

- Выполнены научно - технические и экономические расчеты, подтверждающие целесообразность использования СЭУ в условиях инсоляции 300 - 800 Вт/м<sup>2</sup> и ниже;

#### **Литература:**

1. А.С. Гармай, В.П. Гальченко // Разработка двигателей с внешним подводом теплоты многоцелевого назначения., М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.

2. Shumakov V.I., Garmay A.S., Tolpekin V.E., Lebedev V.A., Kiseliyov Y.M., Bondarchuk V.U. Development work on autonomous portable auxiliary blood circulation system in the network of “Heart of Russia” program // J. Artificial Organs. 2002, P.6

3. Гармай А.С., Бондарчук В.У., Ковалев И.И., Чорный А.Д. К вопросу учета особенностей течения рабочего тела при проектировании элементов двигателя с внешним подводом теплоты // Тепло- и массоперенос-2001. Мн. ИТМО им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2002. С. 201-205.

4. Гармай А.С. Область существования и концепция создания двигателя с внешним подводом теплоты // Теплообмен ММФ-2000. Мн: АНК ИТМО НАНБ. 2000. т.10.с.22-31.

5. Гармай А.С., Ефимов С.И. Метод оценки совершенства рабочего процесса двигателя Стирлинга с помощью коэффициентов неизотермичности // Тез. докл. всесоюз. научн. конф. «Перспективы развития КДВС и двигателей новых схем и на новых топливах». М., 1987. С.160.

### **МОДЕРНИЗАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАЗМОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТЫ НА РАЗЛИЧНЫХ УГЛЕРОД-ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩИХ ТОПЛИВАХ, ВКЛЮЧАЯ МЕСТНЫЕ ТОПЛИВА, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ И СИНТЕЗ-ГАЗ**

**Гармай А.С.** (ООО «Энергоавиа-МТ», ОАО «Интеравиагаз»),  
**Гальченко В.П.** (СКБ «Экологии транспорта»).

Основными целями предлагаемой модернизации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных двигателей (ГТД) являются: удовлетворение существующей и все более возрастающей в перспективе потребности в многотопливности наземных, транспортных и самолетных (прежде всего - самолетов безаэродромного базирования) энергосиловых установок (ЭСУ) для нужд транспортного и энергоснабжения удаленных регионов и объектов добывающей и перерабатывающей промышленности, Мин. ЧС РФ и других структур, а также обеспечение эффективности использования моторных топлив за счет улучшения качества рабочего процесса, разработка недорогих двигателей упрощенной конструкции и комплектации с повышенным ресурсом и экологичностью, автоматизация управления ЭСУ, дистанционный контроль надежности и оценки располагаемого ресурса.

Возможности поршневых двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных двигателей в этой части изучены хорошо и достигли предельного уровня, однако

конвертирование их с помощью предлагаемой плазмоэлектрохимической технологии (ПЭХ) на располагаемые / местные топлива, включая использование попутного газа и АСКТ (авиационное сконденсированное топливо), позволит обеспечить их новое качество, а также значительно поднять показатели эффективности (мощности, ресурса, надежности) - до 15 - 25%.

Разработаны экспериментально-теоретические основы плазмоэлектрохимической технологии организации воспламенения и эффективного сгорания углеводородных топлив, реализовано практическое внедрение.

Основой плазмоэлектрохимической технологии является подготовка в малогабаритном реакторе и сжигание - в горелке газификатора, в камере сгорания (КС) ДВС или ГТД, - активной смеси из различных видов компонентов топлив, синтез-газа и воздуха. Реализуется управляемый процесс изменения физико-химических характеристик части топливно-воздушной смеси за несколько миллисекунд до ее поступления КС в потоке низкотемпературной воздушной плазмы, при этом формируется химически активная, самовоспламеняющаяся при низких температурах и давлениях (параметры окружающей среды) горючая смесь.

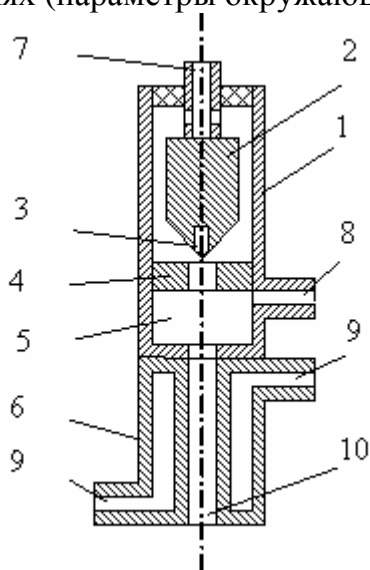


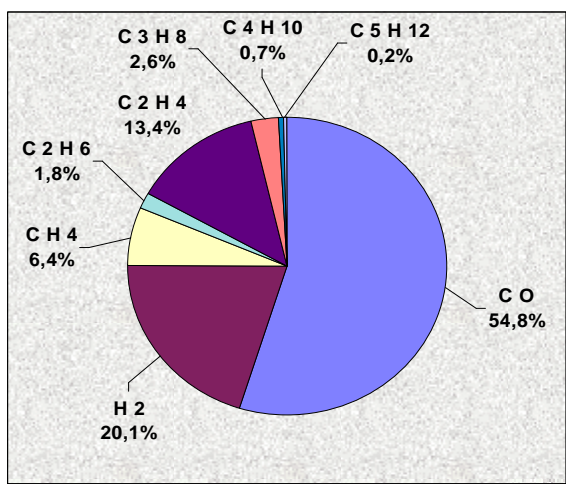
Рис. 1. Принципиальная схема плазмоэлектрохимического реактора (генератора): 1 – корпус ПЭХГ; 2 – катод; 3 – катодная вставка; 4 – анод; 5 – плазмохимический реактор; 6 – закаливающее устройство; 7 – канал для подвода плазмообразующего рабочего тела; 8 – канал для подвода разлагаемого рабочего тела; 9 – каналы для подвода и отвода охлаждающей жидкости; 10 – канал для отвода продуктов плазмохимического пиролиза.

Одним из основных элементов системы, реализующих ПЭХ технологию, является плазмоэлектрохимический генератор (ПЭХГ), который обеспечивает самовоспламенение горючей смеси при встрече с воздушным зарядом, его массогабаритные размеры и ресурс сопоставимы со свечей зажигания, рис. 1.

Функционально ПЭХГ состоит из агрегатированного в едином корпусе генератора низкотемпературной плазмы (ГНТП), плазмоэлектрохимического реактора (ПЭХР) и закаливающего устройства. ПЭХГ потребляет около 0,5-1 % воздуха, поступающего в двигатель, и незначительную электрическую энергию, необходимые для формирования потока низкотемпературной воздушной плазмы (НТВП). Поток воздуха на выходе из ПЭХГ становится химически активным, так как состоит из заряженных частиц, возбужденных атомов и молекул кислорода и азота. В связи с высокой химической активностью НТВП в ПЭХР происходит высокоскоростной (со скоростью перемешивания) плазмоэлектрохимический пиролиз топлива. На выходе ПЭХГ формируется химически активная углеводородная топливовоздушная горючая смесь. Моментом самовоспламенения смеси можно управлять, изменяя ее химическую активность.

Степень деструкции исходного топлива и химическая активность горючей смеси оперативно, в течение 1 - 2 циклов / секунд – для проточной КС, регулируется.

ется путем изменения потребляемых ГНТП количеств воздуха и электрической энергии, а также изменяя степень закалки и коэффициент избытка воздуха в двигателе, рис. 2.



Разработаны элементы управления ПЭХ - процессом в режиме реального времени, разработаны и испытаны дозаторы топлива и воздуха, а также контроллеры - БЭУ и программы управления ими, позволяющие автоматизировать систему управления, рис. 3.

Рис. 2. Объемный состав продуктов ПЭХ – пиролиза топлива.

Изготовлены действующие рабочие образцы, доказывающие возможность практического применения новой энергосберегающей технологии в модернизации существующих двигателей всех типов и разработках новых, существенно превосходящих по экономичности, надежности, ресурсу и мощности.

Технология позволяет обеспечить работу модернизированного двигателя – ДВС без классической топливной аппаратуры высокого давления и системы зажигания, энергетические затраты на функционирование системы реализующей ПЭХ - процесс не превышают 0,1% от номинальной мощности двигателя, а расход топлива – менее 1%, рис. 4.



Рис. 3. Топливная аппаратура для генерации горючей смеси с управляемыми физико – химическими свойствами.

Применение ПЭХ-технологии позволило:

- реализовать принцип многотопливности двигателей с использованием топлив широкого фракционного состава;
- существенно расширить диапазон устойчивой работы КС по составу смеси, скорости потока, температуре и давлению;
- реализовать принцип адаптивной микропроцессорной настройки эффективного процесса сгорания углеводородного топлива по каналам обратной связи (по сигналам датчиков кислорода, температуры и давления);
- реализовать принцип двухкаскадного (последовательного) сгорания топлива;

- снизить потери от неэффективного сгорания топлива на режимах пуска и переходных (неустановившихся) режимах работы двигателя;
- снизить концентрацию  $\text{CH}$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{NOx}$  в продуктах сгорания на десятки процентов за счет интенсификации процессов горения;
- снизить теплонапряженность КС и турбинной части ГТД;
- реализовать сверхзвуковой режим горения в КС проточного типа, рис. 5.

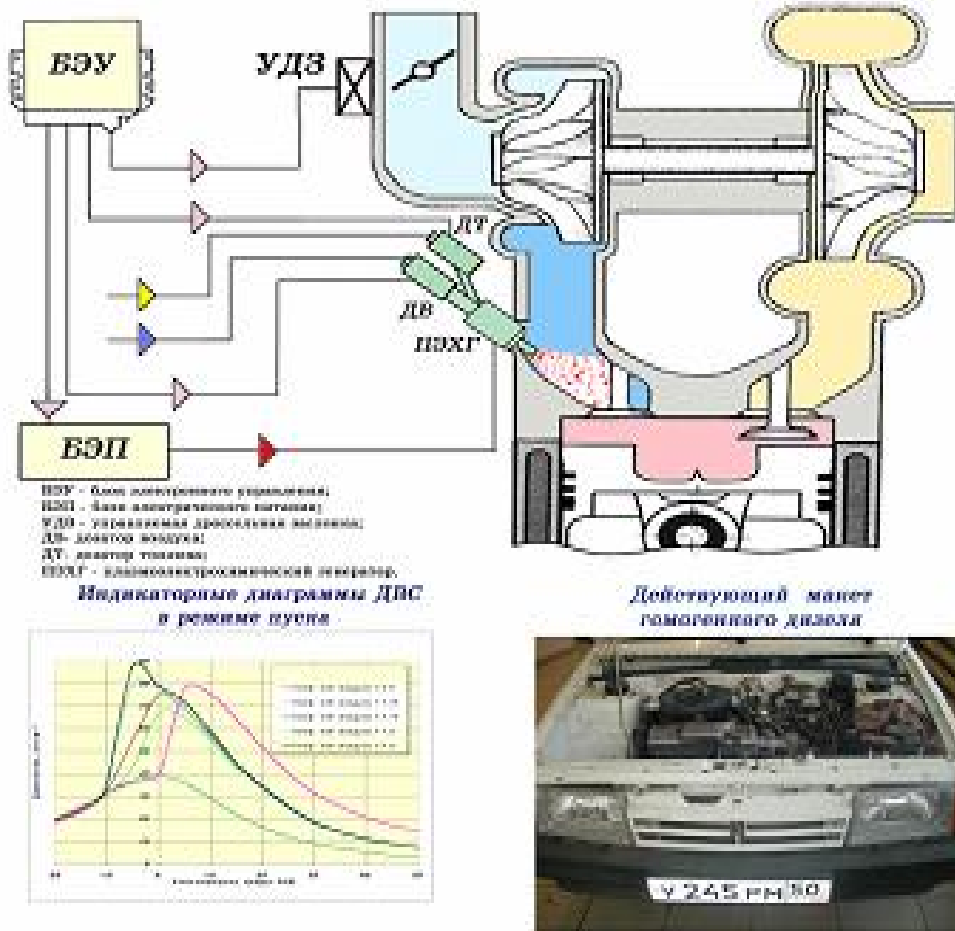


Рис. 4. Многотопливный ДВС автомобиля «Жигули» (дизельное топливо, бензин)



Рис. 5. Сверхзвуковая ПЭХ – горелка

### Литература:

1. Гармай А.С., Гальченко В.П. // Конвертирование двигателей внутреннего сгорания с использованием плазмозлектрохимической технологии для работы на природном и синтез – газе., М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
2. Гальченко В.П. // Результаты испытаний компонентов топливной аппаратуры для реализации НССИ процесса (гомогенный дизель)., СКБ «Экологии транспорта», Сборник докладов 42 конференции ААИ, Дмитров, 2003. 13 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ НА БОКОВУЮ СИЛУ И КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ В ДЕЗАКСИАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

**Горшкалев А.А., Кривцов А.В., Сайгаков Е.А., Сморкалов Д.В.** (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева)

В двигателях внутреннего сгорания на величину боковой силы влияет смещение оси коленчатого вала относительно оси цилиндра. Необходимо стремиться к уменьшению боковой силы, что приведет к уменьшению износа ЦПГ, повышение мощности за счет уменьшения потерь на трение.

В данной работе первоначально был построен сплайн газовой силы для аксиального двигателя. Для аксиального двигателя перемещение поршня из верхней мертвой точки (ВМТ) в нижнюю мертвую точку (НМТ) равно перемещению из НМТ в ВМТ и соответствует  $180^\circ$  поворота коленчатого вала. В данном сплайне значение независимой переменной (угла поворота коленчатого вала) заданы с постоянным шагом  $10^\circ$ . Перемещению из ВМТ в НМТ и обратно соответствует по 18 значений газовой силы. Так как в дезаксиальном двигателе перемещение поршня из ВМТ в НМТ соответствует углу поворота коленчатого вала более  $180^\circ - \Phi$ , а перемещение поршня из НМТ в ВМТ менее  $180^\circ - \psi$ , как видно на рисунке 1, то шаг независимой переменной будет различным для перемещения из ВМТ в НМТ и из НМТ в ВМТ.

Необходимо найти значения углов поворота коленчатого вала соответствующих перемещению поршня из ВМТ в НМТ ( $\Phi$ ) и из НМТ в ВМТ ( $\psi$ ) в дезаксиальных двигателях с разной величиной относительного смещения.

Для дезаксиального двигателя из рисунка 1 видно:

$$\Phi = \gamma + 180 - \alpha,$$

$$\psi = \gamma - 180 + \alpha,$$

используя тригонометрические функции можно найти

$$\alpha = \arccos(a/(L-R)),$$

$$\gamma = \arccos(a/(L+R)),$$

где  $a = k \cdot R$  – величина смещения оси цилиндра относительно оси коленчатого вала,

$k$  – величиной относительного смещения,

$L$  – длина шатуна,

$R$  – радиус кривошипа.

Для дезаксиального двигателя с величиной относительного смещения равной 0,5, найдено:

$$\alpha = \arccos(17,75/(121-35,5)) = 78,02^\circ,$$

$$\gamma = \arccos(17,75/(121+35,5)) = 83,50^\circ,$$

$$\Phi = 83,50 + 180 - 78,02 = 185,48^\circ,$$

$$\psi = 83,50 - 180 + 78,02 = 174,52^\circ,$$

Так же имеется в два раза сжатый график газовой

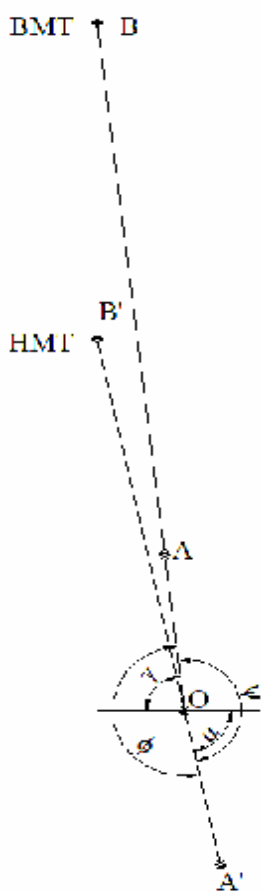


Рис. 1. Схема положений поршня