

уже о получении регулярных функциональных зависимостей волнистости вдоль основных направляющих лопатки. Эти зависимости несут важную информацию об изменении упруго-колебательных свойств системы «станок – деталь» в ходе обработки и могут быть использованы для текущей настройки режимов работы технологического оборудования.

Альтернативный вариант решения задачи оценки геометрии лопатки, лишенный указанных недостатков, однако обладающий, возможно, меньшим быстродействием, представляет систему оптического мониторинга качества обработки криволинейной поверхности, построенную по принципу: подвижный источник света – приемник-сателлит. В этом случае, если при сканировании поверхности источник света, например, лазерный светодиод формирует семейство параллельных прямых, то приемник-сателлит, следуя за отраженным лучом будет описывать некоторое семейство кривых линий, дающее полную геометрическую характеристику поверхности, включая параметры волнистости, а при большом разрешении и шероховато-

сти. По сути, появляется возможность получения в целом или в части некоторого аналитического отображения, однозначно характеризующего всю технологическую цепочку процесса производства детали вплоть до конечной операции. Реализация предлагаемого принципа может быть осуществлена в декартовой или цилиндрической системе координат.

В то же время, при всей своей очевидной универсальности предлагаемая система оптического мониторинга обладает ограниченным быстродействием, сопоставимым со скоростью печати на струйном или матричном принтере. Тем не менее, обе рассматриваемые системы в сочетании с приборами измерения шероховатости, например, портативными профилометрами могут стать взаимодополняющими компонентами единого измерительного комплекса оценки геометрии и качества обработки поверхностей лопаток турбин, как, впрочем, и любых других криволинейных поверхностей.

УДК 621.436

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК В ТВС НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Русаков М.М., Бортников Л.Н., Павлов Д.А., Петров Р.Э.

Тольяттинский государственный университет

Несмотря на существование различных энергоэффективных электрических и гибридных, в том числе использующих нетрадиционные термодинамические циклы (циклы Аткинсона, Миллера, Стирлинга), транспортных силовых установок, традиционные двигатели внутреннего сгорания по-прежнему остаются конкурентоспособными. Что обусловлено рядом причин, таких как отработанная технология проектирования, производства, сравнительно низкая стоимость единицы продукции, развитая инфраструктура обслуживания, а так же имеющийся потенциал их дальнейшего развития. Достаточно эффективным подходом к повышению топливной экономичности ДВС

считается их перевод на питание бедными смесями, однако известные методы, такие как непосредственный впрыск топлива, послойное разделение заряда и т.д. не обеспечивают дешевизны конструкции, простоты обслуживания, запуска при низких температурах окружающей среды, требуемого ресурса [1].

Более перспективным, но менее изученным и апробированным способом является применение малых добавок к основному топливу, промоторов, увеличивающих химическую активность топливовоздушной смеси, полноту и скорость сгорания, что в свою очередь приводит к повышению КПД двигателя и снижению концентрации нормируе-

мых токсичных компонентов отработавших газов двигателя, а так же значительному расширению пределов воспламенения [2, 3]. Эффект промотирования высокотемпературного горения углеводородных топлив в работах [4, 5] объясняется диффузией из зоны горения активных центров, радикалов Н, ОН, СН, О. Однако, несмотря на значительный объем экспериментальных и теоретических работ данный эффект остается недостаточно изученным [6].

Исследования возможности управления процессами горения посредством активных добавок-промоторов включено в Концепцию развития горения и взрыва как области научно-технического прогресса, принятую общим собранием научного совета по горению и взрыву РАН. Применению различных промоторов посвящено множество работ, как в России, так и за рубежом. Наиболее известным на сегодняшний день промотором является водород [2]. Наряду с водородом, исследовалась возможность использования в качестве промоторов фтора, озона и других веществ, что отражено в работах [4, 5]. Значительный объем научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование рабочего процесса двигателя путем применения водорода и водородсодержащих газов выполнен сотрудниками кафедры «Тепловые двигатели» Тольяттинского Государственного университета.

В работе проводилось исследование влияния водорода метана и ацетилена на экономические и экологические показатели двигателя ВАЗ 2111.

Работы проводились на стенде в соответствии с ГОСТ 14846-81. Дополнительно стенд был оснащен системой подачи газов во впускной коллектор двигателя, обеспечивающей массовый расход газа в количестве 0,2-5% от массового расхода топлива, при точности дозирования до 1%.

В результате проведенных работ был получен ряд регулировочных характеристик по составу смеси при оптимальных углах опережения зажигания, проведенных на режимах, характерных для движения автомобиля в городском цикле, а так же на холостом ходу, при различном относительном содержании активных веществ в топливной композиции.

В ходе испытаний было отмечено расширение пределов горения, а так же смещение предела эффективного обеднения в сторону более бедных смесей, пропорционально относительному содержанию активной добавки. Данные эффекты сопровождаются снижением расхода топлива и концентрации продуктов неполного сгорания в отработавших газах. Наиболее выраженный эффект от применения активных добавок отмечается на отдельных скоростных и нагрузочных режимах, для которых характерно балластирование рабочей смеси остаточными газами а так же низкая степень турбулизации, т.е. режимы холостого хода и работы двигателя на частичных нагрузках при низкой частоте вращения коленчатого вала. Стоит отметить, что при равных долях в топливной композиции, добавка водорода, по сравнению с метаном и ацетиленом, в большей степени способствует повышению полноты сгорания, о чем косвенно свидетельствует большее снижение расхода топлива и содержание СО и СН в отработавших газах.

Анализ экспериментальных данных показал, что при работе двигателя на бензино-ацетиленовой и бензино-метановой топливной композиции для большинства режимов более характерно прямое замещение бензина, пропорционально теплотворной способности, в то время как добавка определенного количества водорода на отдельных режимах приводит уменьшению количества теплоты, подведенной с топливом, при равенстве совершаемой работы.

Таким образом, можно сделать выводы:

1. Применение рассмотренных активных добавок обеспечивает возможность экономии топлива за счет работы двигателя на бедных смесях ( $\alpha=1,2-1,4$ ) без потери эффективности и увеличения эмиссии продуктов неполного сгорания, вследствие смещения предела эффективного обеднения.

2. Применение водорода, в отличие от метана и ацетилена, на отдельных режимах приводит к увеличению эффективности сгорания при равенстве совершаемой работы и постоянном значении коэффициента избытка воздуха.

3. Отсутствие эффективной технологии получения водорода обосновывает необходимость продолжения работ, направленных

на поиск более дешевых веществ-прототоров.

Работы выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-08-00637-А

### Библиографический список

1. Интернет-ресурс [http://amastercar.ru/articles/injection\\_fuel\\_1.shtml](http://amastercar.ru/articles/injection_fuel_1.shtml).
2. Мищенко, А.И. Применение водорода для автомобильных двигателей /А.И. Мищенко. - Киев: Наук. Думка, 1984.
3. Бортников, Л.Н. Особенности горения бензоводородовоздушной смеси в цилиндре поршневого двигателя внутреннего сгорания

и определение оптимального соотношения бензин-водород / Л.Н. Бортников //Физика горения и взрыва, 2007. №4.

4. Басевич, В.Я. Промотирование горения / В.Я. Басевич, С.М. Когарко // Физика горения и взрыва, 1969. Т.5, №1.

5. Аннушкин, Ю.М. Эффективность горения водородокеросинового топлива в прямоточном канале / Ю.М. Аннушкин, Г.Ф. Маслов // Физика горения и взрыва, 1985. Т.21, №3.

6. XIV симпозиум по горению и взрыву. Тезисы докладов.- РАН ИПХФ. - Черноголовка, 13-17 октября 2008.

УДК 621.455(075)

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОГО ЖРД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОДНОГО ТНА АВИАЦИОННОГО ГТД

Иванов А.И.<sup>1</sup>, Борисов В.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «СНТК имени Н. Д. Кузнецова», г. Самара

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

### PERSPECTIVE OF CREATION OF OXYGEN-HIDROGEN ROCKET ENGINE (LRE) USING TURBO-PUMP DEVELOPED FOR AVIATION HIDROGEN TURBO-JET

*Ivanov A.I., Borisov V.A. In 1980 – 1988 two-spool turbo-jet NK-88 with propellant hydrogen liquid was developed in Russia (Samara). Propellant supply system of that engine had little turbo-pump. To minimize the financial expenditures it is proposed to use that turbo-pump for creation of oxygen-hydrogen liquid rocket engine with thrust rang 2-3 tons for existing and perspective tug-boats of payloads into the orbits of different countries is proposed.*

В ранее опубликованной работе [1] рассматривалась возможность создания кислородно-водородного ЖРД, с использованием водородного ТНА, разработанного для авиационного ГТД. Этот ТНА был разработан в ОАО «СНТК имени Н. Д. Кузнецова» в 1980-1988гг. и предназначался для подачи жидкого водорода в камеру сгорания водородного ТРДД НК-88.

В ТНА использовалась турбина, работающая на воздухе, отбираемом с выхода компрессора высокого давления двигателя (открытая схема топливоподачи), так и турбина, питаемая газообразным водородом, который подогревался в теплообменнике, расположенном в сопле двигателя. После

турбины водород поступал в камеру сгорания.

Разработанный турбонасосный агрегат прошёл автономные длительные испытания и был отработан на большой ресурс (100час) перед проведением ЛКИ самолета ТУ-155. В настоящее время работы по применению водорода в авиации прекращены. В этой связи, весьма целесообразно найти разработанному ТНА другое полезное применение.

В [1] рассматривалась возможность использования этого ТНА в ракетных двигателях небольшой тяги, предназначенных для разгонных блоков (РБ) или межорбитальных буксиров. Предлагался кислородно-водородный ЖРД с отдельными ТНА, одним из которых должен быть водородный