

на поиск более дешевых веществ-протомоторов.

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

ТНА НК-88, а второй – кислородный, необходимо разработать. Целесообразность такого решения обоснована тем, что для создания нового водородного ТНА необходимо много времени и средств.

Однако для использования в РБ ЖРД [1] имеет недостаточную тягу ( $P = 25$  кН) вследствие недостаточной расходной производительности водородного насоса.

Поэтому в настоящей работе рассмотрена возможность создания ЖРД тягой  $P = 30$  кН за счет дополнительного форсирования водородного ТНА.

Учитывая, что водородный ТНА НК-88 рассчитан на продолжительность работы, во много раз превышающую ресурс современных ЖРД, можно увеличить производительность насоса путём увеличения частоты вращения ротора. Характеристики водородного ТНА с учётом выбранной степени форсирования следующие:

- частота вращения ротора - 72 000 об/мин,
- массовый расход водорода - 1,2 кг/с,
- давление на выходе из насоса - 8,2 МПа.

Применение в рассматриваемом ЖРД системы подачи топлива без дожигания генераторного газа вызывает необходимость разработки нового агрегата – высокотемпературного газогенератора, в то время как турбина готового водородного ТНА рассчитана на невысокие температуры. При этом неизбежны потери, связанные с неэффективным использованием генераторного газа.

В данном случае оптимальной представляется безгазогенераторная схема двигателя, в которой водород вначале охлаждает камеру, а затем, полученную при охлаждении тепловую энергию, отдаёт турбине. На этом принципе работает широко известный американский ЖРД RL-10А и отечественный двигатель РД-0146 [2]. Достоинством этой схемы являются ненапряжённые параметры агрегатов (по давлению и температуре) и большой ресурс, что позволяет в лучшей степени использовать возможности ТНА двигателя НК -88.

Форсированный ЖРД безгазогенераторной схемы имеет следующие расчетные параметры:

- компоненты топлива - жидкие кислород и водород;
- тяга в пустоте  $P = 3$  кН;
- расход топлива  $m = 6,9$  кг/с;
- соотношение компонентов  $k_m = 4,8$ ;
- давление в камере  $p = 3$  МПа;
- удельный импульс в пустоте  $I_{уд} = 4410$  Н · с/кг,
- геометрическая степень расширения сопла  $f = 64$ .

Схема двигателя остаётся та же, что в работе [1], см. рис.1. Водородный ТНА ( $H_2 - T_2$ ) подаёт жидкий водород в охлаждающий тракт камеры, в котором происходит его испарение, и подогрев примерно на 230 К. Этот газ поступает вначале на турбину ТНА окислителя ( $\pi_t \approx 1,1$ ), затем на турбину водородного ТНА ( $\pi_t \approx 1,3$ ) и, наконец, в камеру сгорания. Окислитель подаётся в полость между днищами смесительной головки и затем, через двухкомпонентные форсунки, также попадает в камеру.

В двигателе предусмотрено регулирование тяги (регулятор  $P_p$ ) и соотношения компонентов ( $P_k$ ).

Конструкция двустенной части корпуса камеры разрабатывалась из условия получения наибольшего подогрева водорода. Стенка корпуса оребрённая, наименьшая высота каналов равна  $\approx 1,3$  мм, обусловлена необходимостью получения максимальной скорости течения водорода (в зоне критического сечения  $V_{кр} \approx 75$  м/с) и высокого коэффициента теплоотдачи.

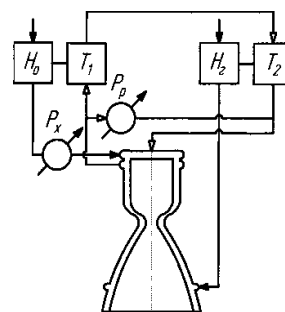


Рис.1. Схема безгазогенераторного ЖРД

Расчетный газовый тракт камеры близко совпадает с трактом камеры ЖРД РД-0110, что позволяет использовать отдельные

элементы серийной камеры в конструкции проектируемой.

Для подобных двигателей охлаждающий тракт камеры исполняет роль теплообменника, в котором необходимо получить максимальный подогрев водорода при сохранении температуры стенки в допустимых пределах. Поскольку в выходной части сопла подогрев водорода незначительный, то целесообразно применение неохлаждаемого насадка.

Проведённые исследования показывают, что, используя водородный ТНА авиационного двигателя НК-88, вполне реально создать эффективный и надёжный криогенный ЖРД для РБ. Применение отработанного ТНА позволяет существенно сокра-

тить расходы на разработку такого двигателя.

#### **Библиографический список**

1. Иванов, А.И. Возможность создания кислородно-водородного ЖРД с использованием водородного ТНА, разработанного для авиационного ГТД / А.И. Иванов, В.А. Борисов // Материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф. "Проблемы и перспективы развития двигателестроения". - Ч.1; 24-26 июня 2009г. СГАУ, Самара, 2009. – С.67-68.

2. Горохов, В.Д. Исследование создания универсального кислородно-водородного ЖРД для разгонных блоков и межорбитальных буксиров с использованием агрегатов подачи двигателя РД0146 / В.Д. Горохов, В.С. Рачук // Труды Международной конференции «СИНТ 01», г. Воронеж, 2001.

УДК 621.63

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ НАЗЕМНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК**

Колмакова Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет

#### **PROSPECTS OF APPLICATION OF LOW-SIZED ENGINES FOR GROUND POWER PLANTS**

*Kolmakova D.A. The paper analyzes the possibility of applying different types of autonomous power systems as a decentralized energy sources.*

Система централизованного энергооборудование ветшает, развитие генерирующих мощностей не успевает за ростом потребления. Согласно данным недавнего отчета, опубликованного Минпромэнерго, к 2020 году выработают свой ресурс около 70% мощности ТЭС и ГЭС.

Будущее развития энергетической отрасли в России все чаще связывают с малой энергетикой. Проблема будет стоять не столь остро, если часть инфраструктуры районов и отдельные предприятия оснастить мини-теплоэлектростанциями. Децентрализованные формы обеспечения энергией городов, поселков и производства - вполне реальная перспектива в условиях назревшего кризиса.

В настоящее время возможны различные варианты электростанций для автономного бесперебойного электроснабжения: на базе газопоршневых, газотурбинных установок, паровых турбин, ветроэлектростанций, а также получающие все большее распространение электростанции на базе микро ГТД.

Чтобы определить предпочтительный тип автономной энергоустановки был проведен сравнительный анализ установок известных типов.

На основании приведенного анализа наиболее перспективной является автономная энергоустановка на базе МГТЭ (рис. 1).

В качестве генератора энергии в данном случае выступает малоразмерный газотурбинный двигатель, работающий по рекуперативному циклу (рис.1).