

Перспективные разработки КБХА

И.Афанасьев. «Новости космонавтики»

В НК №12, 2001 мы рассказали о первых огневых испытаниях новейшего отечественного кислородно-водородного двигателя РД-0146 разработки Конструкторского бюро химической автоматики (КБХА) имени С.А.Косберга. Сегодня мы предлагаем читателям краткий очерк о других наиболее передовых работах, выполненных предприятием за последние годы.



Кислородно-водородный двигатель РД-0126 и "Ястреб".

Эксперты признают, что своеобразная «нижняя точка падения» производства для большинства отечественных предприятий ракетно-космической отрасли пришлось на начало 1990-х годов, совпав с развалом Советского Союза. Тогда казалось, что из этой «ямы» заводам и КБ не выбраться уже никогда. Затем начался небольшой, поначалу совсем незаметный рост, вместе с которым появилась возможность уже не просто выживать, но и работать в новых условиях «на перспективу».

С 1993 г., используя мощный научно-технический потенциал и заделы прошлых разработок, КБХА возобновило перспективные работы в области ЖРД, в том числе и с привлечением зарубежных фирм.

Первая разработка – кислородно-керосиновый двигатель РД-0124 для третьей ступени РН «Союз-2» производства ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс». ЖРД обладает практически идентичными габаритно-стыковочными размерами и массовыми характеристиками существующего РД-0110, но отличается более высокими параметрами (см. табл.), находящимися на уровне лучших разработок данного класса. Замкнутая схема с дожиганием окислительного генераторного газа и более высокий удельный импульс позволяют с его помощью выводить на орбиту полезные грузы большей (на ~950 кг) массы или обеспечивать запуски «Союза-2» с космодромов, расположенных севернее Байконура.

С 1993 г., используя мощный научно-технический потенциал и заделы прошлых разработок, КБХА возобновило перспективные работы в области ЖРД, в том числе и с привлечением зарубежных фирм.

Первая разработка – кислородно-керосиновый двигатель РД-0124 для третьей ступени РН «Союз-2» производства ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс». ЖРД обладает практически идентичными габаритно-стыковочными размерами и массовыми характеристиками существующего РД-0110, но отличается более высокими параметрами (см. табл.), находящимися на уровне лучших разработок данного класса. Замкнутая схема с дожиганием окислительного генераторного газа и более высокий удельный импульс позволяют с его помощью выводить на орбиту полезные грузы большей (на ~950 кг) массы или обеспечивать запуски «Союза-2» с космодромов, расположенных севернее Байконура.

Для отработки процессов сгорания на предприятии был создан специальный стенд,

включающий одну камеру от РД-0124 и специально спроектированные турбонасосный агрегат и уменьшенный в четыре раза газогенератор. Подбор, оценка и испытание форсуночных головок и камер различной конфигурации позволили получить удельный импульс тяги заданной величины.

Успешные испытания (общее время стендовой наработки на 10 экземплярах двигателя ~7–8 тыс сек) подтвердили соответствие основных параметров требованиям ТЗ. Следует отметить, что РД-0124 удачно занимает незаполненную «нишу» в типоряде созданных ЖРД, чем привлекает интерес отечественных и зарубежных ракетчиков.

Сравнительные характеристики ЖРД третьей ступени РН "Союз"		
	РД-0110	РД-0124
Тяга в пустоте, тс (кН)	30.38 (298.03)	30 (294.3)
Удельный импульс тяги в пустоте, сек (м/сек)	326 (3195)	359 (3522)
Давление в камере, кгс/см ² (МПа)	70 (6.8)	160 (15.53)
Расход топлива, кг/сек	93.2	83.6
Время работы, сек	250	300
Масса двигателя, кг	408	450
Габаритные размеры, мм		
– длина	1575	1575
– максимальный диаметр	2240	2273

С 1998 г. в КБХА прорабатывается возможность использования его для второй ступени РН «Ангара» (ГКНПЦ им.Хруничева) и третьей ступени «Авроры» (РКК «Энергия»). Основное отличие от базовых требований – изменение времени работы на главной и конечной ступенях тяги. По результатам работ¹ выпущен технический проект РД-0124 для «Ангары» и эскизный проект по двигателям РД-0124Р и РД-0124Д для «Авроры».

В 1995 г. начались НИР по безгазогенераторным кислородно-водородным ЖРД для перспективных разгонных блоков и межорбитальных буксиров. На основании проведенных работ РКК «Энергия» выдала ТЗ на разработку двигателя РД-0126 принципиально новой конструкции. Кольцевая камера со щелевым критическим сечением и тарельчатым соплом дает этому ЖРД ряд преимуществ по сравнению с двигателями традиционной схемы:

- более высокий удельный импульс тяги в пустоте при одинаковой длине;
- меньшую массу при одинаковом удельном импульсе тяги;
- возможность получения высоких температур горючего в тракте охлаждения, что позволяет использовать его в качестве рабочего тела для вращения турбины ТНА;
- возможность проведения испытаний высотных двигателей в земных условиях без газодинамической трубы.

Испытания РД-0126, проведенные в 1998 г., подтвердили безотрывное истечение продуктов сгорания из высотного тарельчатого сопла в земных условиях, что существенно упрощает отработку двигателя. Получены показатели экономичности, соответствующие расчетным; рабочий процесс устойчивый, материальная часть находится в удовлетворительном состоянии.

В 1997 г. по ТЗ ГКНПЦ им. Хруничева начата разработка двигателя РД-0146 для КВРБ перспективных вариантов РН «Протон» и «Ангара». Впервые в России создан ЖРД безгазогенераторной схемы с обеспечением многократных включений в полете, с выдвижным неохлаждаемым сопловым насадком и отдельными ТНА окислителя и горючего (НК №12, 2001).

¹ По словам генерального директора, генерального конструктора КБХА В.С.Рачука, «...при нормальном финансировании с момента начала разработки (1993 г.) уже можно было создать летный образец ЖРД. Тем не менее, несмотря на наличие сразу трех заказчиков на двигатель, денег поступает очень мало».



Безгазогенераторный кислородно-водородный РД-0146.

Универсальный кислородно-водородный двигатель РД-0148 по схеме с газогенератором и неохлаждаемым сопловым насадком разрабатывается по ТЗ ГКНПЦ им. Хруничева и может использоваться как на КВРБ, так и с незначительными изменениями на верхних ступенях носителей. Большинство агрегатов двигателя, в т.ч. сопло, заимствованы из РД-0146.

В настоящее время весьма актуален вопрос использования ЖРД, освобождающихся в процессе утилизации стратегических ракет, снимаемых с боевого дежурства в соответствии с международными договорами. В 1996–1998 гг. КБХА в инициативном порядке провело ряд расчетно-исследовательских и экспериментальных работ по определению возможности перевода серийных «боевых» ЖРД с компонентов топлива АТ + НДМГ на экологически чистые жидкий кислород + керосин (РГ-1, Т-1). Двигатели-демонстраторы РД-0256 и РД-0244 прошли огневые испытания, показавшие, что замена компонентов топлива не только возможна, но и повышает их характеристики.

Во второй половине 1990-х годов разработчиков ракетно-космической техники привлек сжиженный природный газ (СПГ), в частности метан. Он может использоваться как горючее, имеющее в паре с кислородом более высокий удельный импульс, чем керосин, более низкую (на ~30%) стоимость, которое содержится в природных источниках в больших количествах и обладает лучшими экологическими показателями, чем керосин (тем более, НДМГ).

Начиная с 1995 г. велась схемно-конструкторская проработка возможности перевода на топливо кислород – СПГ ряда серийных и проектируемых двигателей в диапазоне тяг от 5 до 240 тс. Для подтверждения теории в 1998 г. были проведены испытания на топливе кислород – метан демонстрационного ЖРД на базе серийного РД-0110. В перспективе планируется объединить усилия КБХА с НПО «Энергомаш», которое также ведет работы по созданию двигателей на метане.

В 1993–1998 гг. на предприятии в инициативном порядке проведен большой объем проектных, расчетно-исследовательских и экспериментальных работ по созданию трехкомпонентного (кислород – водород – керосин) двигателя РД-0750 на базе кислородно-водородного РД-0120 с центрального блока тяжелой универсальной РН «Энергия».

Основанием для ведения таких работ стали исследования и рекомендации ведущих российских и зарубежных НИИ и фирм, показавшие экономическую целесообразность применения на перспективных РН (особенно одноступенчатых) двухрежимных трехкомпонентных ЖРД, на первом режиме работающих на кислороде и керосине с небольшой добавкой водорода, на втором – на кислороде и водороде.

В качестве первого этапа использования двухрежимных ЖРД предполагалась установка РД-0750 на центральном блоке сверхтяжелого варианта РН «Ангара». Однако в последнее время разработчик носителя отказался от этой концепции в пользу единых кислородно-керосиновых блоков на первой и второй ступенях, в связи с чем РД-0750 оказался без заказчика. Разработка переместилась в плоскость НИОКР.

Тем не менее в результате проведенных работ впервые в практике создания ЖРД был разработан трехкомпонентный двухрежимный газогенератор, который успешно прошел стендовые испытания в КБХА и в составе двигателя-демонстратора РД-0750Д в НИИхиммаше. На базе РД-0120 созданы два экспериментальных ЖРД (подача кислорода и водорода – при помощи ТНА двигателя, керосина – стационарными системами стенда), на одном из которых проведены (к сожалению, неудачно) испытания. Причина неудачи определена, и сейчас специалисты КБХА готовы выполнить испытания второго двигателя.

С 1994 г. КБХА работает по повышению энергетических характеристик ЖРД для создания опережающего перспективного задела. С этой целью созданы и испытаны на стенде модель камеры с

регулируемым критическим сечением и, как своеобразная альтернатива трехкомпонентному двигателю, ЖРД, имеющий смесительную головку с изменением в процессе работы соотношения компонентов с $k_m=15$ до $k_m=4$.

С 1994 г. по ТЗ ЦИАМ им. Баранова КБХА разрабатывает экспериментальный осесимметричный ГПВРД 58Л для исследования рабочих процессов горения в условиях полета при скоростях $M=3...6.5$ и высотах от 20 до 35 км. Двигатель работает на жидком водороде, который охлаждает камеру сгорания и затем попадает в зоны горения. Кольцевая трехзонная камера полностью спроектирована и изготовлена в КБХА с реализацией оригинальных конструкторско-технологических решений. В первой ее зоне водород сгорает в дозвуковом потоке воздуха, в двух других – в сверхзвуковом. В 1998 г. ГПВРД успешно прошел летные испытания (эксперимент «Холод»). Двигатель был включен при скорости полета $M=3$, в конце полета скорость достигла $M=6.47$. Впервые в мире сгорание водорода в камере происходило в сверхзвуковом потоке. ГПВРД полностью и без замечаний отработал по программе испытаний.

Как еще более отдаленную перспективу специалисты КБХА рассматривают проекты комбинированных двигательных установок. По словам В.С.Рачука, «эпоха носителей с ЖРД на первой ступени должна приблизиться к своему логическому концу. Надо использовать дармовой воздух атмосферы. Проблемы очень серьезные. Но что делать? И разработка ЖРД изначально оказалась сложнейшей задачей. Кто-то из великих сказал: «Если бы мы знали, какие трудности ждут нас впереди, мы бы никогда ничего не начинали!» Тем не менее мы начали и продолжаем».

С начала 1970-х до середины 1980-х в Воронеже разрабатывались и испытывались мощные газодинамические лазеры. Сейчас планируется использовать полученные наработки в ЛА с ракетным двигателем, в котором нагрев рабочего тела в камере осуществляется при помощи луча лазера, установленного на земле.

На основе ядерного двигателя РД-0410, созданного в КБХА и доведенного до стадии стендовой отработки, по заказам Министерства атомной энергетики предприятие разработало концептуальные проекты трехрежимных и двухрежимных космических ядерных энергодвигательных установок. Режим их работы – от большой (до 10 МВт) мощности для питания электрореактивных двигателей до малой (20...200 кВт) мощности для нужд КА.

Источники:

1. *Интервью с генеральным директором, генеральным конструктором КБХА им.С.А.Косберга В.С.Рачуком, 14 октября 2001 г.*
2. *Перспективы КБХА по ЖРД и ЯРД.*
3. *Конструкторское бюро химавтоматики, Воронеж. 2001.*