

## **Воронеж удивляет**

***И.Афанасьев***

На 43-м международном авиационно-космическом салоне Le Bourget'99 были представлены новые образцы перспективных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), созданных в Конструкторском бюро химической автоматики (КБХА) им. С.А.Косберга, г.Воронеж.

КБХА со второй половины 1950-х годов разрабатывает ЖРД для ракет и космических аппаратов. Наиболее известными работами коллектива являются двигатели для третьих ступеней ракет-носителей (РН) «Восток» и «Союз», для второй и третьей ступеней РН «Протон» и для центрального блока сверхтяжелой ракетно-космической системы «Энергия-Буран».

Первый из представленных в Париже двигателей разрабатывается в рамках общероссийской программы модернизации РН «Союз» и создания на ее базе мощного и перспективного варианта «Союз-2» (тема «Русь»). В КБХА близки к завершению работы по нескольким вариантам кислородно-керосинового ЖРД для замены штатного двигателя РД-0110 носителя «Союз». Основной вариант – четырехкамерный РД-0124. Перейдя на замкнутую схему в тех же габаритах, воронежские двигателестроители получили прирост удельного импульса +33 единицы, что эквивалентно увеличению массы полезного груза ракеты на 950 кг.

Однако более привлекательной, особенно для зарубежного заказчика и ряда отечественных проектов, представляется однокамерная схема подобного двигателя. В Париже был представлен один из нескольких вариантов РД-0124М тягой 30 тс. Агрегаты ЖРД (турбонасосный агрегат, газогенератор, трубопроводы, автоматика и т.п.) были взяты с четырехкамерного РД-0124 и прошли полный объем наземных стендовых испытаний по теме «Русь». Камера является новым изделием, а сопло взято с двигателя одной межконтинентальной баллистической ракеты (МБР), снимаемой с вооружения. Существует два варианта РД-0124М – с «земным» и высотным соплами.



Однокамерный двигатель РД-0124М для «Руси» (фото автора)



Однокамерный двигатель РД-0124М (фото Daniel Lazecký<sup>1</sup>)

Интерес к этим двигателям проявило французское космическое агентство CNES, рассматривающее перспективные носители. Для верхней ступени французам нужен ЖРД тягой примерно 15 тс. КБХА может дать и «четвертушку» РД-0124 (одна камера и турбонасосный агрегат) с тягой примерно 7 тс.

Другое направление деятельности КБХА – перевод на экологически чистые компоненты существующих двигателей МБР, снимаемых с вооружения, что целесообразно с точки зрения минимизации расходов. С малыми доработками можно использовать примерно 400 двигателей.

Ряд зарубежных государств и компаний, имея национальную космическую программу, хотят иметь свой носитель. Кроме того, имеется тенденция комплектовать ракеты из существующих двигателей, использовать которые несравненно дешевле, чем создавать новые ЖРД.

По современным нормам экологической безопасности на космические РН предполагается установить двигатели на нетоксичных компонентах топлива. Однако все ЖРД, стоявшие ранее на боевых ракетах, работали на долгохранимом ядовитом топливе (азотный тетроксид – продукты переработки гидразина). С технической точки зрения, переход на новое топливо (жидкий кислород – керосин или жидкий кислород – метан (сжиженный природный газ)) имеет некоторую специфику.

В виду того, что эти компоненты топлива несамовоспламеняющиеся, появляется система зажигания. В КБХА разработано два типа зажигания – химическое ампульное и газодинамическое факельное. Трудности, возникающие при переводе «гептиловых» двигателей на новые компоненты, окупаются простотой обслуживания ЖРД при возрастающих удельных характеристиках. Растет удельный импульс и широта диапазона дросселирования тяги. Кроме того, сжиженный природный газ (СПГ), который считается дешевой перспективной заменой нефтепродуктов, состоит в основном из метана. После испытаний в двигателе, работающем на СПГ, практически нет сажи.

<sup>1</sup> Фото с сайта <http://mek.kosmo.cz/modelar/dan/lb1999/index.htm> добавлено при форматировании статьи для сайта <http://www.lpre.de>

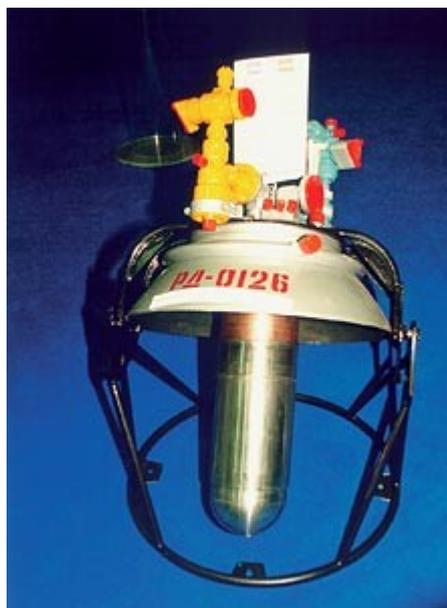
Основные параметры РД-0126 «Ястреб» с соплом диаметром 1.58 м	
Тяга в пустоте, тс (кН)	4.0 (39.24)
Удельный импульс тяги в пустоте, кгс с/кг (м/с)	476 (4669.6)
Давление в камере, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	73 (7.45)
Масса, кг	300

В Воронеже проведены стендовые испытания двигателя-демонстратора на метане тягой 24 тс на базе керосинового ЖРД тягой 30 тс. Ряд двигателей, снимаемых с вооружения МБР, с тягой порядка 50 тс испытан на керосине на продолжительность 100 сек. Результаты обнадеживающие: переделка коснется только изменения форсуночной головки ЖРД и турбонасосного агрегата. В КБХА уже есть целая гамма двигателей, которые могут быть реально «опробованы на огне» и предложены заказчику.

Японские специалисты заинтересовались опытом работы с метаном воронежских двигателестроителей и хотят применить его в своей новой РН J-1. Из российских проектов можно назвать программу «Воздушный старт» по запуску легкой двухступенчатой космической ракеты с самолета-носителя Ан-124. Планируется применить воронежский метановый двигатель на одной или обеих ступенях этой РН.

Третье направление деятельности КБХА, представленное на салоне в Париже, – это разработка кислородно-водородных двигателей для космических разгонных блоков. В Воронеже создается целая гамма ЖРД тягой до 10–12.5 тс.

Началом подобной работы были попытки производства в Воронеже американского двигателя RL-10, проведенные совместно с компанией Pratt&Whitney. Теперь российская фирма ведет самостоятельные работы по таким ЖРД, как РД-0146 тягой 10 тс или РД-0148 тягой 12.5 тс. Эти разработки весьма перспективны для носителей и разгонных блоков, так как в мире ощущается недостаток подобных ЖРД.



Стендовый образец камеры «Ястреб»  
(фото автора)

К перспективным разработкам относится научно-исследовательская работа по теме «Ястреб»: создание кислородно-водородного ЖРД с кольцевой камерой сгорания и новой газодинамической схемой сопла. Двигатель работает по безгазогенераторной схеме с подогревом водорода в

охлаждающем тракте камеры и с дальнейшим расширением его на турбине ТНА с последующим полным сгоранием в камере. Камера сгорания размещена в центральном теле в сверхзвуковой части сопла. Критическое сечение кольцевое. Газовый поток разворачивается на 180° и прилипает к стенке сопла.

В КБХА с начала работы в 1997 г. построено и испытано на стенде несколько экземпляров двигателя. В Париже выставлялась камера со снятым неохлаждаемым сопловым насадком (укороченное сопло диаметром 0.6 м), предназначенная для стендовых испытаний, а также был показан видеофильм об огневых испытаниях. Прозрачный факел позволяет разглядеть центральное тело. Характеристики камеры представлены в таблице.

Целью создания «Ястреба» является попытка минимизировать размеры ЖРД на 40%, чтобы получить компактный двигатель для разгонного блока. В скором будущем на базе «Ястреба» планируется создать двигатель тягой до 20 тс, который может найти применение как на российских, так и на зарубежных носителях. Возможно использование такого ЖРД для разгонного блока «Протона», хотя для него рассматриваются и двигатели РД-0146 и РД-0148.

Из наиболее интересных и перспективных работ КБХА можно выделить исследования трехкомпонентного (кислород – водород – керосин) ЖРД, созданного на базе РД-0122 (модификация кислородно-водородного двигателя РД-0120 тягой 200 тс в вакууме, использованного на центральном блоке сверхмощной ракеты-носителя «Энергия»). На специальной установке воронежские специалисты вышли на стадию полной отработки трехкомпонентного газогенератора, решив вопросы сажеобразования, которые всех волновали. Они нашли оптимальную конструкцию смесительной головки, оптимальные режимы работы и провели огневые стендовые испытания трехкомпонентного двигателя на базе РД-0122. В настоящее время к стендовым испытаниям, для завершения которых необходим 1 млн \$, готов второй экземпляр трехкомпонентного двигателя, который планируется установить на один из вариантов «Ангары».

Известно, что трехкомпонентные ЖРД разрабатывает ряд отечественных и зарубежных двигателестроительных фирм. С точки зрения отработанности, именно воронежский двигатель является наиболее готовой конструкцией. Фирма имеет большой опыт работы с керосином и водородом. Отработка подачи третьего компонента больших затруднений не вызывает. В КБХА есть материальная часть, которая может быть использована, что позволяет в короткий срок пустить такой двигатель в производство.

Кроме трехкомпонентного (кислород – водород – керосин), в настоящее время рассматриваются и другие варианты многотопливных ЖРД, например т.н. «многорежимный» двигатель. Отличительной особенностью этого кислородно-водородного ЖРД является возможность работы с высоким отношением окислитель/горючее на земле (большая плотность топлива, средний удельный импульс) и с оптимальным соотношением окислитель/горючее в пустоте (небольшая плотность топлива, высокий удельный импульс). С некоторой натяжкой он соответствует трехкомпонентному двигателю. При стендовых испытаниях моделей камеры получены обнадеживающие результаты при различных соотношениях компонентов топлива, позволяющие надеяться на перспективность подобной концепции.

Говоря о международном сотрудничестве КБХА с различными зарубежными организациями, можно вспомнить о работах по теме RECORD («Создание программы расчета процесса ЖРД и сопоставление результатов с реальными двигателями»), проведенных в первой половине 1990-х годов с французской фирмой SEP. Сейчас не только французы, но и немцы (DASA) проявляют большой интерес к продукции воронежских двигателестроителей.

Российские технологии интересуют иностранных специалистов по многим причинам. Россия пока далеко опережает зарубежных конкурентов в области создания и изготовления крупногабаритных охлаждаемых сопел фрезерованной и паяно-сварной конструкции. Вторая область – турбонасосный агрегат, в частности для кислородно-водородных ЖРД. Воронеж имеет контракт на создание турбонасосного агрегата (от расчета и обоснования до изготовления материальной части) на «кислом газе» для 20-тонного кислородно-водородного двигателя с использованием гранульной технологии в производстве элементов турбины. Работа ведется совместно с фирмой Volvo.

Не исключена возможность, что в будущем европейская ракета-носитель Ariane 5 будет летать со второй ступенью, оснащенной российским кислородно-водородным двигателем.