

## **ИЗ ИСТОРИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ ПО ОТЕЧЕСТВЕННЫМ КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНЫМ РАКЕТНЫМ ДВИГАТЕЛЯМ**

***В.С.Ануфриев, М.М.Гойхинберг, Г.П.Калмыков, М.К.Сурачев***

Создание отечественных кислородно-водородных жидкостных ракетных двигателей (КВ ЖРД) вошло яркой страницей в историю нашей космонавтики. Оно неразрывно связано со всем комплексом проводившихся работ по освоению и внедрению жидкого водорода в ракетную и другие области техники, что ограниченный объем доклада позволил отразить только в общем виде. Как известно, применение жидкого водорода в паре с жидким кислородом в качестве компонентов жидкого ракетного топлива (ЖРТ) впервые было предложено К.Э.Циолковским в 1903 г. На высокую эффективность применения жидкого водорода в ракетной технике обращалось внимание в 40-х - 50-х гг. в работах ведущих отечественных специалистов в области перспективных ЖРД - В.П.Глушко и Н.М.Чернышева [1, 2].

Однако, решавшиеся в этот период практические задачи - по созданию баллистических ракет дальнего действия, включая межконтинентальные - не требовали применения жидкого водорода, что отодвинуло начало его освоения на последующие этапы развития ракетно-космической техники (РКТ) нтапы создания ракет-носителей (РН) космических аппаратов (КА).

В США работы по использованию жидкого водорода в ракетной технике были начаты в конце 50-х гг. с целью обеспечения требуемой эффективности РН "Атлас-Центавр" и РН семейства "Сатурн", предназначавшихся для осуществления лунных экспедиций. Разработка была начата одновременно по двум двигателям - RL-10 и J-2.

Несколько иное положение сложилось в нашей стране. К этому времени у нас имелся богатейший опыт проектирования сложных ракетных систем, уникальный опыт разработки и эксплуатации наземных и бортовых криогенных систем с использованием глубооохлажденного жидкого кислорода и самый передовой в мире опыт создания высокосоввершенных и высокоэффективных ЖРД замкнутых схем с дожиганием генераторного газа и сверхвысокими параметрами (в т.ч. на кислородно-углеводородном топливе). Все это позволяло, в отличие от США, решать такие задачи, как выведение на геостационарную орбиту и осуществление лунных экспедиций, без обязательного

применения кислородно-водородного топлива, что и было заложено в соответствующие отечественные программы развития РКТ на длительный период. В соответствии с этим, были осуществлены разработка и создание целого семейства ЖРД на кислородно-углеводородном топливе для третьей и четвертой ступеней РН "Восток", трех ступеней РН Н-1, четвертой и пятой ступеней РКК Н-1ЛЗ. Работы, связанные с жидким водородом, проводились на этом этапе лишь в поисковом плане, применительно к использованию его в качестве рабочего тела ядерных воздушно-реактивных и жидкостных ракетных двигателей. К высокой оценке перспективности этих направлений склонялись в конце 50-х - начале 60-х гг. многие разработчики.

Государственная программа создания отечественных КВ ЖРД была принята только с начала 60-х гг. Главная заслуга в ее принятии принадлежит академику С.П.Королеву. Он всегда считал жидкий водород наиболее перспективным горючим ЖРД, и в своих творческих замыслах рассматривал разработку ракет на кислородно-углеводородном топливе и сопутствующее этому широкое освоение криогенной ракетной техники как непосредственные практические шаги в направлении будущего применения кислородно-водородного топлива. Когда эта задача стала актуальной для отечественной ракетной техники, он, с присущей ему исключительной энергией и целеустремленностью, приступил к ее широкой реализации.

Были разработаны как общая программа освоения жидкого водорода для нужд ракетной техники, так и целевая программа его применения в ракетных системах. В состав общей программы входили создание промышленного производства жидкого водорода, развитие экспериментальной и стендовой базы, освоение эксплуатации жидкого водорода. В составе целевой программы предлагалась разработка модификации третьей ступени РН "Восток", четвертой и пятой ступеней РКК Н-1ЛЗ, второй ступени Н-1 (изделие Н-2). Это позволило развернуть одновременную разработку нескольких вариантов КВ ЖРД - КВД разработки КБ Химического машиностроения, 11Д57 разработки КБ ММЗ "Сатурн", НК-35 разработки КБ КМЗ "Труд" (замененного в дальнейшем двигателем 11Д122 разработки КБ Химавтоматики Главного конструктора А.Д.Конопатова).

Работы по освоению жидкого водорода как компонента ЖРТ включили изучение его физико-химических и эксплуатационных свойств, подбор совместимых с ним конструкционных, прокладочно-уплотнительных и смазочных материалов, разработку нормативов и рекомендаций по безопасному обращению с жидким водородом и обеспечению его чистоты на всех стадиях эксплуатации, разработку технологии и создание промышленного производства, средств транспортировки, хранения и заправки. Эти работы организовывались и проводились Государственным институтом прикладной химии, Государственным институтом азотной промышленности, Всесоюзным НИИ криогенного машиностроения при самом активном участии В.П.Белякова, М.Т.Веремьева, И.И.Гельперина, Г.С.Потехина, Е.А.Сиволодского, Н.В.Филина.

Работы по созданию отечественных КВ ЖРД с первых шагов были ориентированы на применение наиболее эффективных замкнутых схем и освоение высоких проектных параметров (следует отметить, что в США такие решения были приняты только в начале 70-х гг., при разработке двигателя SSME системы "Space Shuttle").

Реализация отечественной программы потребовала большого объема научно-исследовательских работ по выбору оптимальных схемных решений по двигателю в целом, элементам смесеобразования, системе охлаждения, регулированию тяги и соотношения расходов компонентов, созданию методик отработки двигателей на заданную надежность при минимальном числе испытаний и затрат материальной части, разработке средств диагностики состояния и аварийной защиты и др. Требовались поиски новых решений по многим конструктивным вопросам - разработке "погруженных" бустерных насосов, выбору системы и средств зажигания, обеспечению герметичности агрегатов автоматики и требуемых температурных режимов различных узлов двигателей, выбору наиболее рациональных общих компоновок двигателей, обеспечению управления полетом. В решение всех этих проблем и вопросов большой вклад внесли В.Н.Богомолов, А.П.Ваничев, А.В.Воронцов, М.А.Кузьмин, В.Р.Левин, Л.А.Пчелин, В.В.Пшеничнов, В.С.Рачук, Г.И.Чурсин. Опытные-конструкторские работы по всем КВ ЖРД проводились в тесном взаимодействии с их заказчиком - ЦКБ экспериментального машиностроения (ныне РКК "Энергия"). На разных стадиях активное участие в этом принимали Я.П.Коляко, С.С.Крюков, В.П.Мишин, В.М.Протопопов, В.М.Удоденко, В.Г.Хаспеков.

Для проведения необходимого объема экспериментальных работ в НИИ Химического машиностроения и НИИ Машиностроения было создано семейство стендов для холодных и огневых испытаний отдельных агрегатов, модельных и полноразмерных двигателей, а также стенд для огневых испытаний малоразмерного стендового блока (с двигателем КВД). В их создании непосредственное участие принимали Ю.А.Карнеев, В.Я.Качанов, Е.Г.Ларин, В.А.Пухов, Г.М.Табаков, Л.А.Янчилин. Экспериментальная отработка двигателей потребовала большого объема холодных и огневых испытаний агрегатов и модельных двигателей и значительного числа огневых стендовых испытаний полноразмерных двигателей, которые стали возможны только с 1966 г., после ввода в строй комплекса огневых стендов НИИХиммаш и создания промышленного производства жидкого водорода в стране. Стендовая отработка двигателей КВД и 11Д57 была завершена к 1977 г. с выполнением всех требований технических заданий по проектным характеристикам, ресурсу (по числу запусков и продолжительности работы) и надежности. При близкой размерности двигателей по тяге и геометрической степени расширения был достигнут удельный импульс тяги, на 20-22 с. превышающий показатели зарубежных аналогов. Двигатель КВД прошел в 1976-1979 гг. цикл огневых испытаний в составе стендового блока Р (прототип пятой ступени планировавшейся модификации РКК Н-1Л3). По завершению стендовой отработки двигателей КВД и 11Д57 и в связи с прекращением работ по Лунной программе Н-1Л3, а также из-за отсутствия привязки к разработкам конкретных блоков других

реализовывавшихся программ, дальнейшие работы по этим двигателям были в конце 70-х гг. прекращены.

Первым отечественным КВ ЖРД, доведенным до практического применения, стал двигатель 11Д122 (аналог американского двигателя SSME в одноразовом исполнении). Разработка двигателя 11Д122 была начата в 1976 г. и завершена успешными запусками в 1987 и 1988 гг. РН "Энергия" и системы "Энергия"- "Буран", созданными под руководством Генеральных конструкторов академика В.П.Глушко и академика ИАН Г.Е.Лозино-Лозинского.

Отработкой двигателей КВД и 11Д57 и доведением двигателя 11Д122 до штатных пусков были успешно завершены работы по созданию отечественных КВ ЖРД первого поколения. Благодаря имевшимся в стране достижениям в области ракетного двигателестроения и криогенной ракетной техники, созданные отечественные КВ ЖРД не уступают по своим проектным характеристикам соответствующим зарубежным аналогам (а по отдельным характеристикам и превосходят их). Этим заложены принципиальные возможности создания высокосоввершенных перспективных изделий отечественной ракетно-космической техники. Работы такого направления проводятся в настоящее время совместно Государственным Космическим Научным центром (ГКНЦ) им. М.В.Хруничева и РКК "Энергия" им. С.П.Королева.

Развивается также международное сотрудничество по использованию отечественных КВ ЖРД (в частности, двигателя КВД в совместном российско-индийском проекте). Приобретенный опыт проектных разработок высокосоввершенных КВ ЖРД позволяет развивать новые перспективные возможности в этой области - создание модификаций КВ ЖРД со сверхвысокими степенями расширения и другими проектными улучшениями, обеспечение возможности многоразовости использования двигателей, разработка трехкомпонентных двухрежимных кислородно-углеводородно-водородных ЖРД для систем выведения следующих поколений.

Опыт эксплуатации ракетных и наземных систем с применением жидкого водорода может быть также успешно использован в разработках авиационно-космических систем будущего.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Глушко. Источники энергии и их использование в ракетной технике. М., 1949.
2. Н.Ф.Чернышев. Химия ракетных топлив. М., 1948.
3. Материалы межведомственной конференции по проблемам освоения жидкого водорода. Л., 1980.
4. Сборник РКТ, серия IV, выпуск 48, М.
5. Материалы 1-й международной авиакосмической конференции, секция Авиакосмическая. М., 1992.