

вышки, передвижные агрегаты на базе автопогрузчиков и специальные кабины.

После установки РН на пусковой стол, производится наведение ракеты. Операции наведения выполняются с помощью специальных оптических приборов, установленных на борту ракеты, пусковой системе и на земле.

После наведения РН к ней подключаются все наземные коммуникации и производятся автономные и комплексные испытания с помощью проверочно-пускового оборудования и всех наземных систем. По-

сле расшифровки и анализа результатов испытаний РН заправляется топливом и сжатыми газами.

Затем агрегаты обслуживания отводятся. Все операции предстартовой подготовки фиксируются на пульте пуска набором транспарантов готовностей. После этого дается команда пуска.

Ключ пуска поворачивается в положение «Пуск», нажатием кнопки «Пуск» включается автоматическая схема пуска.

© Стрижнев А. С., 2013

УДК 629.76.004

В. А. Худеев

Научный руководитель – А. В. Сидельников
Сибирский государственный аэрокосмический университет
имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ЖРД

Кратко описана история создания жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) и приведено описание ЖРД первой космической ракеты.

Первый ЖРД был предложен великим нашим соотечественником К. Э. Циолковским в 1903 г. в качестве двигателя для полета в космос. Циолковский определил создание мощных, экономических ЖРД как первоочередную задачу на пути к осуществлению космического полета.

Практические работы по созданию ЖРД были начаты в 1921 г. американцем Р. Годдардом, который несколько позже, в 1926 г., осуществил запуск небольшой ракеты с ЖРД. В конце 20-х – начале 30-х годов к разработке ЖРД приступили в СССР, Германии и других странах. В 1931 г. был испытан первый отечественный экспериментальный ЖРД ОРМ-1 конструкции В. П. Глушко, созданный в Газодинамической лаборатории (ГДЛ).

До начала второй мировой войны в СССР и США появились опытные образцы ЖРД с тягой до нескольких сотен килограммов, предназначенные для экспериментальных летательных аппаратов. К концу войны в ряде стран были созданы серийные ЖРД. Первыми отечественными серийными ЖРД стали двигатели типа РД-1 с тягой в несколько сотен килограммов, предназначенные для самолетов. Они были разработаны в опытно-конструкторском бюро, получившем впоследствии известность, как ГДЛ - ОКБ.

Большим техническим достижением явилось создание в 40-х годах первых крупных ЖРД, развивавших тягу свыше 25 т. На базе этих ЖРД были разработаны баллистические ракеты с дальностью в несколько сотен километров, а также геофизические ракеты, поднимающие научную аппаратуру на большие высоты.

К середине 50-х годов ЖРД подверглись ряду усовершенствований, и дальность ракет превысила 1000 км. На этом возможности разработанного к тому времени типа ЖРД были практически исчерпаны вследствие малой калорийности применявшегося тогда ра-

кетного топлива (кислород-этиловый спирт), неэффективности его использования, а также несовершенства конструкции двигателя этого типа.

Время появления баллистических ракет, рассчитанных на дальность в несколько тысяч километров, и космических ракет, к созданию которых приступили в СССР и США в 1954–1955 гг., во многом определялось возможностью разработки ЖРД нового типа, намного превосходящего существовавшие двигатели по всем основным характеристикам. Работы по созданию новых типов ЖРД, начатые в СССР и США еще во второй половине 40-х годов и проводившиеся параллельно с усовершенствованием существующих двигателей, стали одной из основных предпосылок создания космических ракет.

Советская космическая ракета, с помощью которой в 1957 г. был запущен первый в мире искусственный спутник Земли, была оснащена ЖРД, созданными в ГДЛ – ОКБ под руководством выдающего советского ученого В. П. Глушко.

ЖРД конструкции ГДЛ–ОКБ для первой космической ракеты явились итогом обширных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, начатых в СССР, еще за 10 лет до полета первой космической ракеты. В результате этих работ были созданы и освоены новые конструкции, топлива, материалы, технологические процессы и оборудование. Основные технические решения, использованные в первых космических двигателях, были во многом проверены в ГДЛ-ОКБ в ходе предшествующей разработки нескольких типов ЖРД, доведенных до различной стадии осуществления. Первым из них был двигатель с тягой свыше 120 т, рассчитанный на применение двухкомпонентного топлива кислород-керосин. Разработка этого ЖРД в течение 1947–1951 гг. достигла стадии изготовления и испытаний различных узлов.

Была предложена, разработана и внедрена в отечественную технику камера принципиально новой конструкции (паяно-сварная). Корпус этой камеры, рассчитанной на регенеративное охлаждение, состоял из внутренней и наружной стенок (называемых соответственно огневой стенкой и рубашкой), соединенных между собой при помощи пайки через промежуточную гофрированную стенку (проставку), либо через выфрезерованные на огневой стенке ребра. Камера содержала смесительную головку с впаянными в нее форсунками и была разделена технологически на несколько узлов, соединяемых в заключительной фазе технологического процесса кольцевыми сварными швами. С разработкой паяно-сварных камер появилась возможность существенного повышения экономичности ЖРД при значительном снижении удельного веса двигателя.

Разработка паяно-сварных камер во многом определила успех создания двигателей, обеспечивших полет первой космической ракеты, представлявшей собой двухступенчатый аппарат, состоящий из центрального блока (вторая ступень) и четырех боковых (первая ступень). В центральном блоке был установлен ЖРД РД-108, в боковых - ЖРД РД-107. Двигатели РД-107 и РД-108 близки по характеристикам, поскольку их стремились максимально унифицировать. Основные агрегаты двигателей отличаются только рабочими параметрами (для РД-107 они несколько выше). Общий вид одного из ЖРД (РД-107) представлен на рисунке.

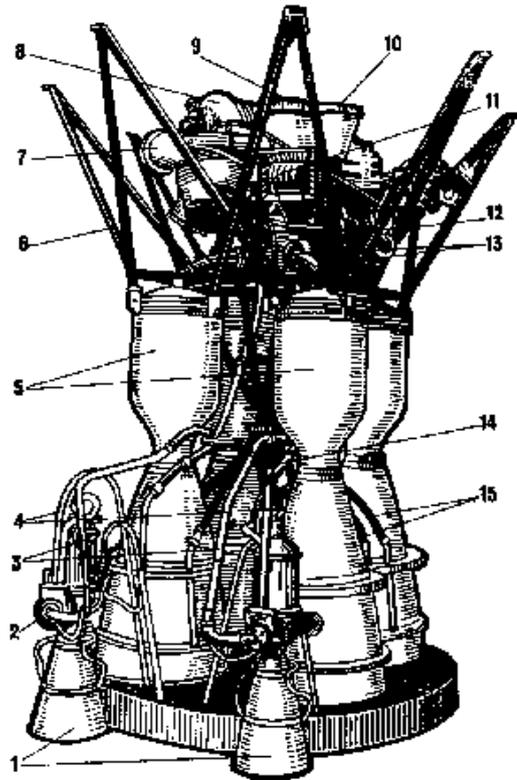
Успех разработки двигателей РД-107, РД-108 во многом определило создание компактного, легкого турбонасосного агрегата, могущего работать при достаточно низком давлении топлива в баках ракеты.

Создание ЖРД РД-107 и РД-108 было сопряжено с решением не только чисто «двигательных» вопросов, но и проблем общего усовершенствования ракет, определивших возложение на ЖРД ряда функций, прежде им не свойственных. Одна из таких функций состояла в обеспечении полета ракеты по строго заданной траектории и в управлении положением ракеты. Для выполнения указанной функции в конструкции ЖРД были предусмотрены поворотные рулевые камеры, снабженные полыми цапфами, через которые подводилось топливо от основных насосов турбонасосного агрегата и которые обеспечивали отклонение камер на угол 45° , осуществляемое при помощи гидроприводов.

Кислородно-керосиновое топливо, применяющееся в двигателях РД-107 и РД-108, не является самовоспламеняющимся; его зажигание осуществляется при помощи пиротехнических устройств, вводимых в камеры ЖРД со стороны сопел и срабатывающих при подаче электрического тока. Управление работой этих ЖРД производится при помощи электро-, пневмо- и пироматоматики.

С учетом всех комплектующих элементов вес ЖРД РД-107 равен 1155 кг, что соответствует удельному весу 11,3 кг/т (РД-108 тяжелее на 95 кг). Удельный импульс РД-107 и РД-108 составляет соответственно 3080 и 3090 м/с. Для сравнения укажем, что лучшие образцы кислородно-спиртовых ЖРД, пред-

шествовавшие появлению космических двигателей, характеризовались величиной удельного веса 17 кг/т и удельным импульсом 2430 м/с.



Жидкостной ракетный двигатель РД-107:

- 1 – рулевые камеры; 2 – узел поворота рулевой камеры; 3 – трубопроводы подвода окислителя к рулевым камерам; 4 – макетные кронштейны (к конструкции ЖРД не относятся); 5 – основные камеры; 6 – рама крепления ЖРД к ракете; 7 – газогенератор; 8 – турбина; 9 – насос окислителя; 10 – насос горючего; 11 – датчик давления в камере; 12 – главный клапан окислителя; 13 – трубопроводы подвода окислителя к камерам; 14 – главный клапан горючего; 15 – трубопроводы подвода горючего к камерам

В настоящее время существуют более мощные ЖРД, чем в первой космической ракете, с тягой более 200 тонн, давлением в камере сгорания более 200 атм., невозможности развития космических таких ЖРД далеко не исчерпаны. В планах дальнейшего освоения космоса жидкостно-ракетным двигателям отводится большая роль. Мощные ЖРД, рассчитанные на экономичное использование высокоэффективных топлив, по-прежнему находятся в центре внимания специалистов.

Развитие криогенной техники наряду с достижениями в области теплоизоляционных материалов в скором времени сделает целесообразной разработку для космических аппаратов основных и вспомогательных ЖРД, работающих на криогенных топливах и развивающих высокий удельный импульс.