

УДК 629.7(09):621.454.2

Канд. техн. наук В. А. Шульга, А. В. Дибриный

КОНСТРУКТОРСКОМУ БЮРО ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 60 ЛЕТ

За 60 лет существования в составе конструкторского бюро «Южное» специализированного конструкторского бюро жидкостных ракетных двигателей – КБ-4 накоплен богатый опыт разработки жидкостных ракетных двигателей различного назначения как на долгохранимых, так и на криогенных компонентах топлива. Созданы необходимые стендовая и производственная базы. При разработке двигателей специалисты КБ-4 широко используют опыт, накопленный при изготовлении и отработке двигателей других КБ для РН ГП «КБ «Южное», которые изготавливались на ГП «ПО «Южный машиностроительный завод» и испытывались на стендах КБЮ и завода. Наряду с традиционными разрабатывались новые оригинальные конструкции двигателей для достижения высоких энергомассовых характеристик, надежности и качества. Среди них стоит отметить двигатели РД858 и РД859 советского лунного взлетно-посадочного модуля блока Е, уникальные двигатели РД857 и РД862 с дожиганием восстановительного генераторного газа и газодинамическим способом управления вектором тяги, многофункциональный двигатель РД866 космического буксира, обеспечивающий многократный запуск в полете, и многие другие. В настоящее время совместно с ГП «ПО «Южный машиностроительный завод» ГП «КБ «Южное» поставляется двигатель для ДУ четвертой ступени европейской РН «Вега» по контракту с фирмой «Авио» (Италия). На базе созданных на ГП «КБ «Южное» уникальных по характеристикам и кругу решаемых задач двигателей, двигательных установок для баллистических и космических ракет могут разрабатываться в кратчайшие сроки и при минимальных затратах двигателя, ДУ для космических аппаратов, верхних ступеней и разгонных блоков РН.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, разработанные двигатели, отработка, КБ «Южное», накопленный опыт.

За 60 років існування у складі конструкторського бюро «Південне» спеціалізованого конструкторського бюро рідинних ракетних двигунів – КБ-4 набуто великого досвіду розроблення рідинних ракетних двигунів різноманітного призначення як на довгозберезжуваних, так і на криогенних компонентах палива. Створено необхідні стендова та виробнича бази. Під час розроблення двигунів фахівці КБ-4 широко використовують досвід, набутий під час виготовлення та відпрацювання двигунів інших КБ для РН ДП «КБ «Південне», які виготовляли на ДП «ПО «Південний машинобудівний завод» і випробовували на стендах ДП «КБ «Південне» та заводу. Разом з традиційними розробляли нові оригінальні конструкції двигунів для досягнення високих енергомасових характеристик, надійності та якості. Серед них варто відзначити двигуни РД858 і РД859 радянського місячного злітно-посадочного модуля блока Е, унікальні двигуни РД857 і РД862 з допалюванням відновлювального генераторного газу та газодинамічним способом керування вектором тяги, багатofункціональний двигун РД866 космічного буксира, що забезпечує багаторазовий запуск у польоті, та багато інших. У цей час разом з ДП «ПО «Південний машинобудівний завод» ДП «КБ «Південне» постачає двигун для рушійної установки четвертого ступеня європейської РН «Вега» за контрактом з фірмою «Авіо» (Італія). На базі створених на ДП «КБ «Південне» унікальних за характеристиками та колом вирішуваних завдань двигунів, рушійних установок для балістичних і космічних ракет можуть розроблятися в стислі терміни та за мінімальних витрат двигуни, рушійні установки для космічних апаратів, верхніх ступенів і розгінних блоків.

Ключові слова: рідинний ракетний двигун, розроблені двигуни, відпрацювання, КБ «Південне», набутий досвід.

During 60 years of existence of specialized Liquid Rocket Engines Design Office – DO-4 as a part of Yuzhnoye Design Office, extensive experience was accumulated in development of liquid rocket engines of various purpose on storable and cryogenic propellant components. The required test benches and production base were created. When developing the engines, the DO-4 specialists widely use the experience accumulated during manufacturing and testing of the engines developed by the other design offices for Yuzhnoye SDO LVs that were manufactured by SE PA Yuzhny Machine-Building Plant and tested at Yuzhnoye SDO's and Plant's test benches. Along with the conventional ones, new original engine designs were developed to achieve high energy-mass characteristics, reliability and quality. Among them we should mention the RD858 and RD859 engines for the soviet lunar take-off-and-landing module of Block E, the unique RD857 and RD862 engines with afterburning of reducing generator gas and gas dynamic method of thrust vector

control, the RD866 multifunctional engine of space tug ensuring multiple ignition in flight, and many others. At present, Yuzhnoye SDO jointly with SE PA Yuzhny Machine-Building Plant deliver the engine for the European Vega LV forth stage propulsion system under the contract with Avio company (Italy). Based on Yuzhnoye SDO-created engines, propulsions systems for ballistic missiles and space rockets that are unique by their characteristics and scope of functions, the engines, propulsions systems for spacecraft, LV upper stages and transfer orbit stages can be developed in short terms and at minimal costs.

Key words: liquid rocket engine, developed engines, testing, Yuzhnoye SDO, accumulated experience.

Введение

22 июля 2018 г. исполнилось 60 лет со дня основания в составе конструкторского бюро «Южное» специализированного конструкторского бюро жидкостных ракетных двигателей – КБ-4. В отличие от самостоятельных КБ по разработке ЖРД для ракет различного назначения и различных предприятий главной задачей КБ-4 является разработка ЖРД для ракетных комплексов, разрабатываемых ГП «КБ «Южное». Тесный контакт с разработчиками ракет позволяет более глубоко понимать запросы ракетчиков и находить нужные решения, в том числе за счет применения новых нестандартных схем. Такое взаимодействие, как правило, способствует получению на разрабатываемых двигателях высоких энергомассовых характеристик на уровне лучших зарубежных аналогов.

Основные вехи творческого пути коллектива КБ-4

За прошедшие 60 лет специалистами КБ-4 разработано более 50 двигателей, двигательных и энергетических установок различного назначения, часть которых, в том числе 18 двигателей, прошли полный цикл отработки и устанавливались на ракетах, созданных ГП «КБ «Южное». Практически на каждой из ракет, созданных КБ «Южное», будь то МБР или РН, присутствовали двигатели разработки КБ-4. Рисунки ниже это прекрасно демонстрируют (рис. 1, 2) [1].

Это рулевые двигатели для первых и вторых ступеней, в том числе для РН «Циклон» и «Зенит», маршевые двигатели для верхних ступеней и космические двигатели, двигатели специального назначения, в которых применялись высококипящие компоненты топлива АТ+НДМГ, монотопливо, экологически чистое топливо кислород+керосин.

При разработке ЖРД специалисты КБ-4 широко использовали опыт, накопленный при изготовлении и отработке двигателей, разработанных другими КБ СССР для МБР и РН разработки КБ «Южное», которые изготавливались на Государственном предприятии «ПО «Южный машиностроительный завод» и испытывались на стендах КБ и завода. Таких двигателей с тягой от ~50 до ~470 тс было более двух десятков. Этот фактор способствовал накоплению специалистами КБ-4 уникального опыта по решению как конструктивных, так и технологических задач, что способствовало обеспечению высоких энергомассовых характеристик и высокой надежности разрабатываемых двигателей.

Так, в частности:

- высокими энергомассовыми характеристиками обладают маршевые двигатели верхних ступеней РН РД854 и РД861, у которых сверхзвуковые участки сопел трубчатой конструкции. Для реализации этой конструкции потребовалось разработать и освоить совершенно новые технологии изготовления профилированных тонкостенных трубок, их сборки и пайки;

- этапной вехой в творческой биографии КБ-4 является разработка маршевых двигателей вторых ступеней МБР РД857 и РД862, работающих на высококипящих самовоспламеняющихся компонентах топлива. Эти двигатели впервые в мировой практике двигателестроения выполнены по схеме с дожиганием восстановительного генераторного газа.

Кроме того, в этих двигателях применен газодинамический способ управления вектором тяги путем вдува генераторного газа в свехзвуковую часть сопла. В двигателе РД857 был к тому же реализован режим конечной ступени с дросселированием тяги

более чем в десять раз, что потребовало применения специальных схемных решений. Создание этих двигателей потребовало модернизации стендовой базы для отработки агрегатов, строительства новых стендов для огневых испытаний узлов. В процессе отработки узлов и двигателей, их квалификации получены уникальные экспериментальные данные по рабочим процессам в камере двигателя, газогенераторе и других узлах, по исследованию газодинамического способа управления вектором тяги ЖРД;

- предметом гордости коллектива КБ-4, мерил его зрелости и мастерства может служить разработка двигателя РД858 для лунного посадочного модуля. В двигателе применена турбонасосная система подачи компонентов топлива, что позволило за счет повышения давления в камере существенно повысить его энергомассовые характеристики и при этом обеспечить заданное техническим заданием плавное дросселирование тяги в 4,4 раза. В процессе отработки достигнуто восьмикратное дросселирование тяги двигателя. Для подтверждения требуемой надежности испытано 189 двигателей в штатном исполнении, а 3 двигателя испытаны в составе двигательной установки на орбитах искусственных спутников Земли. Отдельные двигатели наработали суммарный ресурс, в 40 раз превышающий потребный. На базе этого двигателя нынешнее поколение специалистов КБ-4 разрабатывает проекты ЖРД для взлетно-посадочных модулей, которые могут применяться в европейских программах по освоению Луны;

- рулевой двигатель РД8 второй ступени РН «Зенит» впервые разработан по замкнутой схеме, с дожиганием окислительного генераторного газа. На его базе разработаны проекты маршевых двигателей для верхних ступеней РН;

- уникальным является многофункциональный двигатель третьей ступени РД866, который выполняет следующие задачи:

подает горючее высокого давления в рулевой агрегат для управления полетом ракеты на этапах конца полета первой ступени, при полете второй и третьей ступеней;

обеспечивает управление по крену при полете третьей ступени;

создает тягу и управляющие усилия на участке разведения космических аппаратов при многократных включениях ЖРД большой тяги и ЖРД малой тяги;

питает горючим гидропривод качания камеры двигателя большой тяги.

Специалистами КБ-4 разработано пять двигательных установок различного назначения и проведена экспериментальная отработка большинства из них в объеме, достаточном для их летно-конструкторских испытаний в составе ракет.

К их числу относятся:

- газодинамическая двигательная установка Б36, работающая на холодном газе (аргоне), которая обеспечивает управляющие усилия в системе успокоения, ориентации и стабилизации спускаемых аппаратов;

- энергосиловая установка Л905 для управления спускаемыми аппаратами на внеатмосферном и атмосферном участках полета до момента их приземления. В качестве рабочего тела в системе используется подогретый газ CO₂;

- двигательные установки ДУ373 и ДУ377, работающие на монотопливе;

- двигательная установка ДУ802 для разгонного блока РН «Днепр», работающая на топливе АТ+НДМГ, отработка которой приостановлена на этапе стендовых испытаний. В ДУ802 впервые применена принципиально новая система подачи компонентов топлива в камеру с использованием пневмонасосного агрегата (ПНА). Применение ПНА позволяет снизить массу ДУ и повысить энергетические характеристики и надежность установки.

Помимо ЖРД и ДУ в период 1970 – 1992 гг. специалисты КБ-4 разработали девять бортовых источников мощности (БИМ), которые применялись в системах управления вектором тяги двигателей твердого топлива и ЖРД.

Накопленный опыт разработки ЖРД, ДУ, БИМов, освоенные эффективные технологии их изготовления и отработки позволяют коллективу КБ-4 предлагать услуги по созданию самых разнообразных двига-

телей для иностранных заказчиков. Успешный опыт сотрудничества с итальянской компанией «Авио», рядом других зарубежных компаний по разработке ЖРД позволяет коллективу КБ-4 с оптимизмом смотреть в будущее. По контракту с итальянской компанией «Авио» специалистами КБ-4 был разработан маршевый ЖРД для четвертой ступени космической РН легкого класса

«Вега», работающий на самовоспламеняющихся долгохраняемых компонентах топлива. Компании «Авио» в рамках заключенного контракта поставлено 16 двигателей, изготовленных Южмашем, 11 из которых успешно отлетали в составе РН. Подписан новый контракт с «Авио» на поставку дополнительных партий этих двигателей.

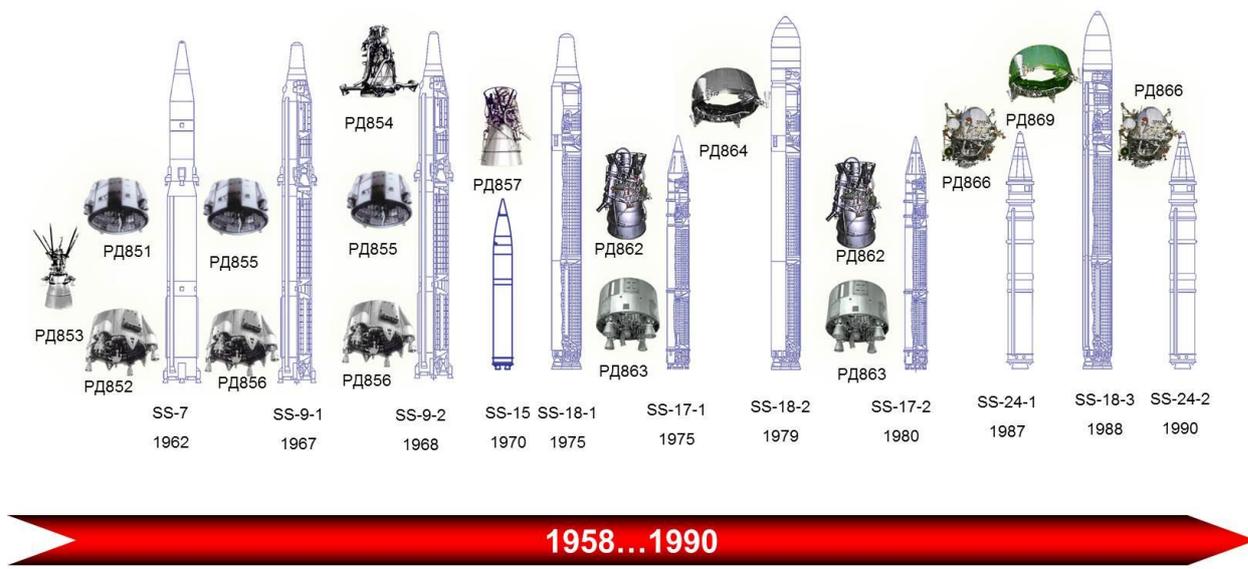


Рис. 1. Двигатели для МБР

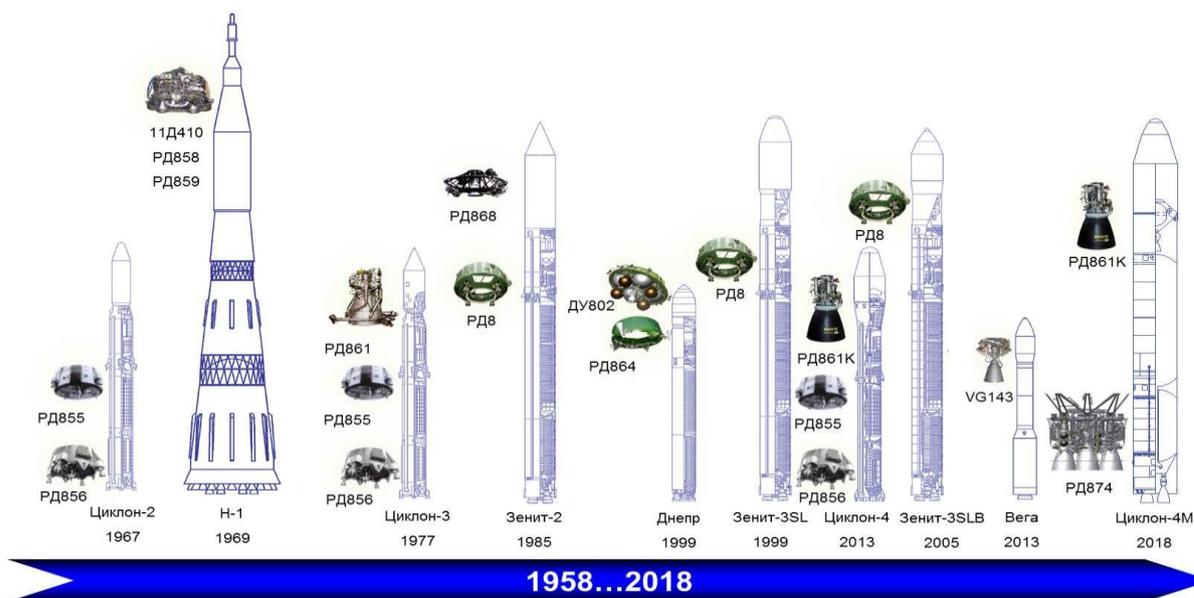


Рис. 2. Двигатели для космических РН

Выводы и перспективы

Сегодня перед коллективом КБ-4 стоят новые, более сложные, задачи в области разработки ЖРД [2].

Решая задачу обеспечения независимости Украины в вопросах доступа в космическое пространство, специалисты КБ-4 ведут разработки целого ряда ЖРД, которые необходимы в качестве маршевых не только для верхних, но и для первых ступеней разрабатываемых ГП «КБ «Южное» перспективных РН.

В частности, для первых ступеней разрабатывается ЖРД с тягой ~250 тс, работающий на экологически чистом топливе керосин+жидкий кислород. Этот двигатель рассматривается как базовый для последующих разработок кластерных двигателей тягой 500, 750 и 1000 тс и является приоритетной разработкой (рис. 3, 4).

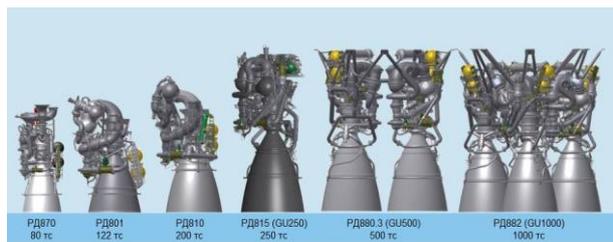


Рис. 3. Перспективные ЖРД первых ступеней

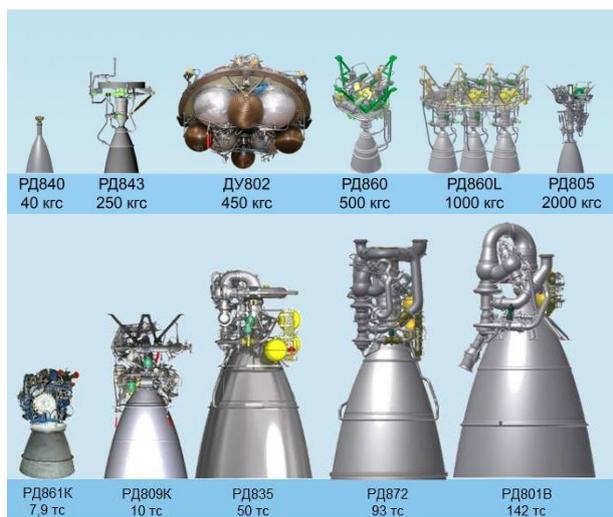


Рис. 4. Перспективные ЖРД верхних ступеней

Разработки ведутся с использованием накопленного опыта и освоенных технологий, с ориентацией на внедрение новых прогрессивных технологий, которые позво-

лят многократно сократить затраты на разработку каждого ЖРД, исключить негативное влияние на окружающую среду.

Анализируя возрастной и профессиональный состав специалистов КБ-4, следует отметить, что в подразделениях КБ продолжают работать лишь единицы «первопроходцев», обладающих бесценными знаниями и опытом и передающих эти знания молодым работникам. Основной костяк составляют специалисты со стажем от 5 до 25 лет работы в КБ-4, достаточно хорошо освоившие технологию разработки ЖРД. Хочется им пожелать активнее и глубже изучать опыт разработок и воплощения в жизнь обширных планов по разработке новых, более совершенных и эффективных, ЖРД.

Список использованной литературы

1. Жидкостные ракетные двигатели, двигательные установки, бортовые источники мощности, разработанные КБ двигательных установок ГП «КБ «Южное» / Под науч. ред. акад. НАН Украины С. Н. Конюхова, канд. техн. наук В. Н. Шнякина. – Днепропетровск: ГП «КБ «Южное», 2008. – 466 с.

2. Возможности создания новых ЖРД на базе освоенных технологий / В. Н. Шнякин, В. А. Шульга, А. В. Дибриный // Космическая техника. Ракетное вооружение: Сб. науч.-техн. ст. – 2011. – Вып. 2. – Днепропетровск: ГП «КБ «Южное». – С. 61 – 71.

Статья поступила 14.08.2018