

А. А. Прокопчук, В. А. Шульга

Государственное предприятие «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля», Днепропетровск

ЛИНЕЙКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ГП «КБ «ЮЖНОЕ» ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СЕМЕЙСТВ РАКЕТО-НОСИТЕЛЕЙ

Специалисты Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» ведут работы по созданию линейки перспективных жидкостных ракетных двигателей, которые позволят удовлетворить, прежде всего, собственные потребности в современных двигателях при создании новых семейств ракет-носителей, а также потребности рынка. Создание этой линейки позволит обеспечить независимость ракетной отрасли Украины от внешних поставок современных жидкостных ракетных двигателей при решении такого актуального для всех технически развитых экономик вопроса, как независимый доступ в космическое пространство.

Ключевые слова: кислородно-керосиновый ЖРД, замкнутая схема, маршевый ЖРД, тяга, удельный импульс тяги.

ВВЕДЕНИЕ

В составе Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» имеется специализированное конструкторское бюро (КБ-4) по разработке жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), специалисты которого имеют более чем пятидесятилетний опыт создания ЖРД различного назначения. На всех межконтинентальных баллистических ракетах (МБР), разработанных ГП «КБ «Южное», используются в качестве рулевых, на первых и вторых ступенях, а также маршевых, на верхних ступенях, двигатели собственной разработки, перечень которых, с привязкой к МБР, приводится на рис. 1.

На рис. 2 приводится перечень ЖРД, разработанных ГП КБ «Южное» для космических носителей.

Специалисты «Южного» освоили технологию разработки ЖРД, работающих по замкнутому

циклу, — с дожиганием генераторного газа в камере сгорания, реализация которого позволяет получить максимальную эффективность топливной пары. С реализацией замкнутого цикла специалистами «Южного» были разработаны маршевые двигатели вторых ступеней РД857 и РД862, работающие на топливе АТ+НДМТ, и рулевой двигатель второй ступени РН «Зенит» РД-8, работающий на топливе жидкий кислород и керосин. Обогащенный имеющийся опыт отработки и эксплуатации двигателей замкнутой схемы с дожиганием генераторного газа специалистам «Южного» позволило многолетнее конструкторское сопровождение изготовления и испытаний на ПО ЮМЗ маршевого двигателя второй ступени РН «Зенит» РД120, разработанного специалистами НПО «Энергомаш» (Российская Федерация). Использование богатого опыта по разработке и отработке ЖРД различного назначения позволяет специалистам «Южного» прогнозировать существенное снижение затрат, как времени, так и финансовых, на создание новых современных ЖРД.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Чтобы обеспечить вновь разрабатываемые перспективные РН двигателями собственной разработки специалисты ГП «КБ «Южное» решают задачу создания линейки перспективных ЖРД, которые могут быть востребованы не только в интересах выполнения космических программ Украины, но и зарубежными заказчиками. При этом для маршевых двигателей в качестве топ-

ливной пары выбраны жидкий кислород и керосин. Это топливо, обладая достаточно высокими энергетическими возможностями, позволяет минимизировать на этапах отработки и эксплуатации двигателей ущерб окружающей среде.

Все двигатели этого ряда (работающие на топливе жидкий кислород + керосин) выполнены с турбонасосной системой подачи по замкнутой схеме с дожиганием окислительного генераторного газа.

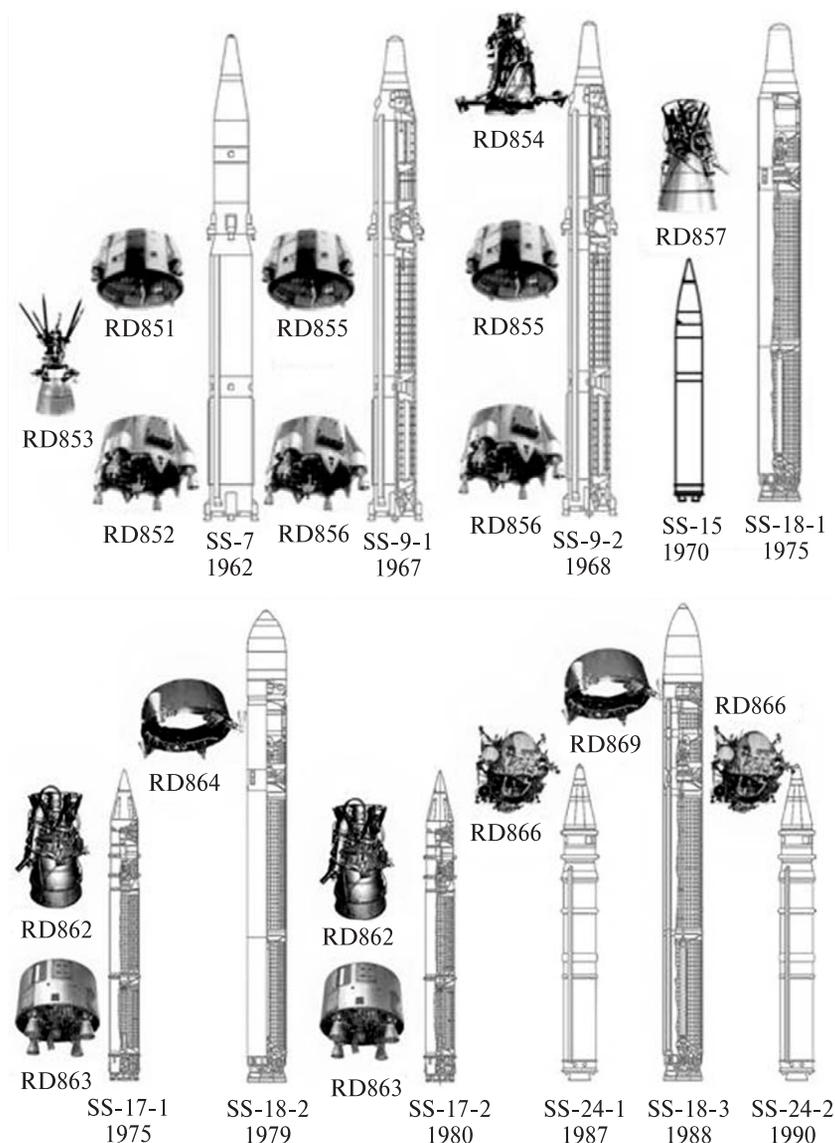


Рис. 1. Двигатели межконтинентальных баллистических ракет, разработанные специалистами Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля»

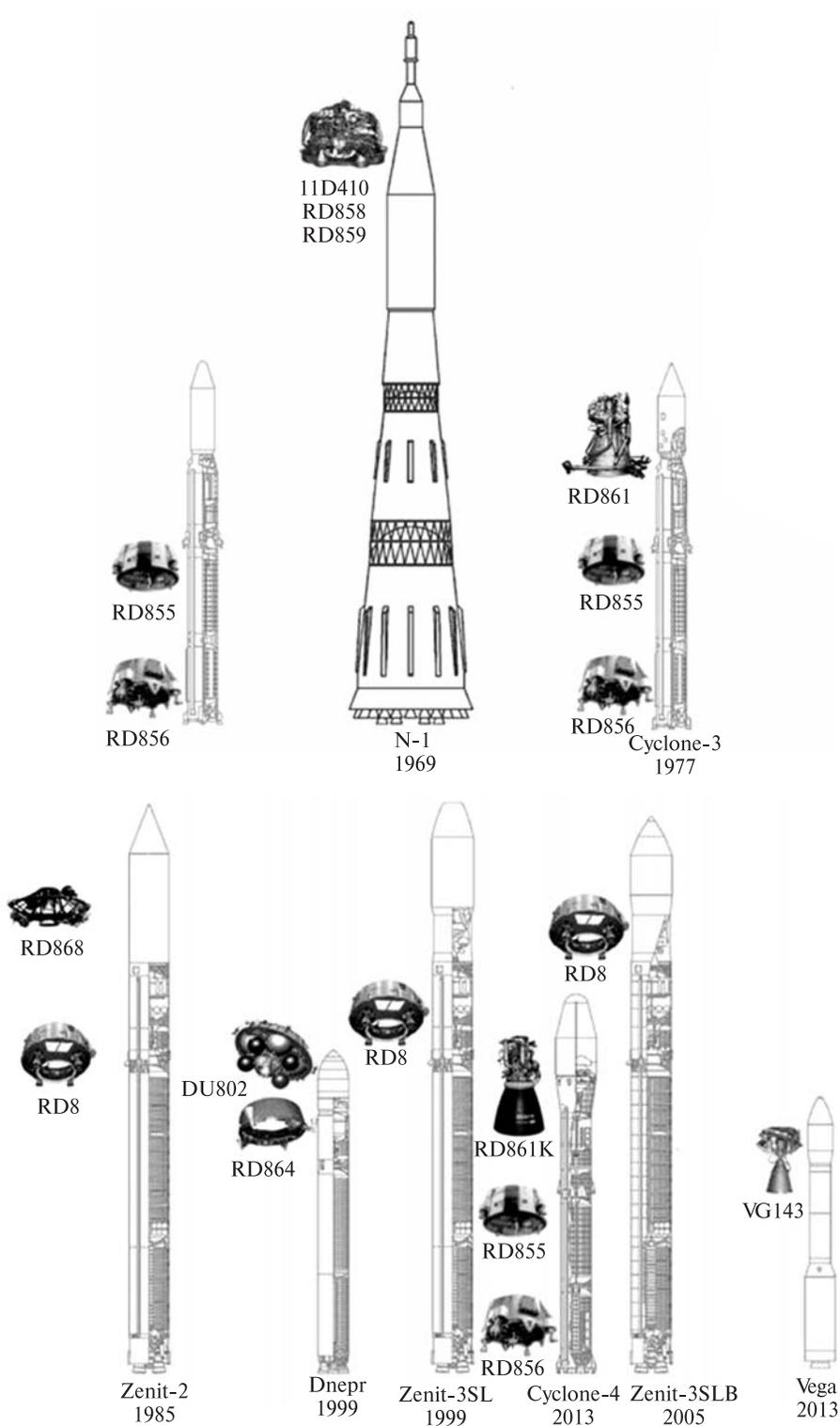


Рис. 2. Двигатели космических ракет-носителей, разработанные специалистами Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля»

Для космических буксиров и взлетно-посадочных модулей с длительной продолжительностью функционирования в космосе в качестве топливной пары применяются высококипящие компоненты топлива.

При выборе размерностей двигателей по уровням тяг, формирующих «линейку», исходили из того, что для первых ступеней, разрабатываемых в настоящее время и прогнозируемых на ближайшее будущее космических носителей от легкого до тяжелого классов, наиболее востребованными являются двигатели с тягами примерно от 50 до 500 тс. Для вторых и третьих ступеней, а также разгонных блоков наиболее востребованными могут быть ЖРД с тягами примерно от 2 до 140 тс.

Для решения задач по исследованию дальнего космоса необходимы двигатели с уровнем тяг от нескольких килограммов до нескольких тонн, но с большой продолжительностью функционирования в условиях космоса, обеспечением возможности многократного включения в полете и широким диапазоном регулирования тяг.

Формируя линейку перспективных ЖРД специалисты «Южного» руководствовались следующими соображениями, которые направлены на сокращение затрат:

- по возможности максимально использовать имеющийся опыт, в том числе за счет заимстования

узлов, агрегатов, технических решений в новые разработки из ранее отработанных двигателей;

- наращивание размерности двигателей по тяге предусматривает максимальное заимствование ключевых узлов для выбранного ряда;

- выбираемые основные параметры двигателей должны позволять при минимальных дополнительных затратах модификацию параметров в случае необходимости. С этой целью номинальные характеристики двигателей выбираются с учетом возможности форсирования режима в процессе их эксплуатации, если в этом возникнет необходимость.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

На рис. 3 представлена линейка ЖРД, создание которых является приоритетной задачей специалистов ГП «КБ «Южное».

Для первых ступеней перспективных РН разработаны проекты ЖРД с тягами 120, 200 и 250 тс.

Облик этих двигателей приведен на рис. 3, а, а характеристики — в табл. 1 [2].

Для создания двигателей больших тяг, которые могут найти применение в РН тяжелого и сверхтяжелого классов, в качестве базового будет использоваться РД815 с земной тягой 250 тс.

Мы планируем двигатель тягой 500 тс (РД880) на первом этапе выполнить двухкамерным, что потребует разработки нового турбонасосного аг-

Таблица 1. Характеристики жидкостных ракетных двигателей для I—III ступеней

Параметр	Двигатели I ступеней			Двигатели II и III ступеней				
	РД801	РД810	РД815	РД805	РД809М	РД809К	РД835	РД801В
Индекс двигателя								
Тяга двигателя, тс				2	9	10	50	140
на Земле	122.2	194.2	251.3					
в пустоте	136.6	211.3	274.5					
Удельный импульс тяги двигателя, с					345	352	355	350
на Земле	300.7	303.6	306.7					
в пустоте	336	330.3	335					
Давление в камере двигателя, кгс/см ²	183.5	192.7	200	78	88	100	170	184
Соотношение компонентов топлива	2.65	2.65	2.7	2.5	2.5	2.62	2.6	2.6
Количество плоскостей качания	2	1	2	2	1 (каждая камера)	2	2	2
Количество камер	1	1	1	1	4	1	1	1
Масса сухая с учетом массы рамы, кг	1630	2310	3200	150	340	330	(в разра- ботке)	1800

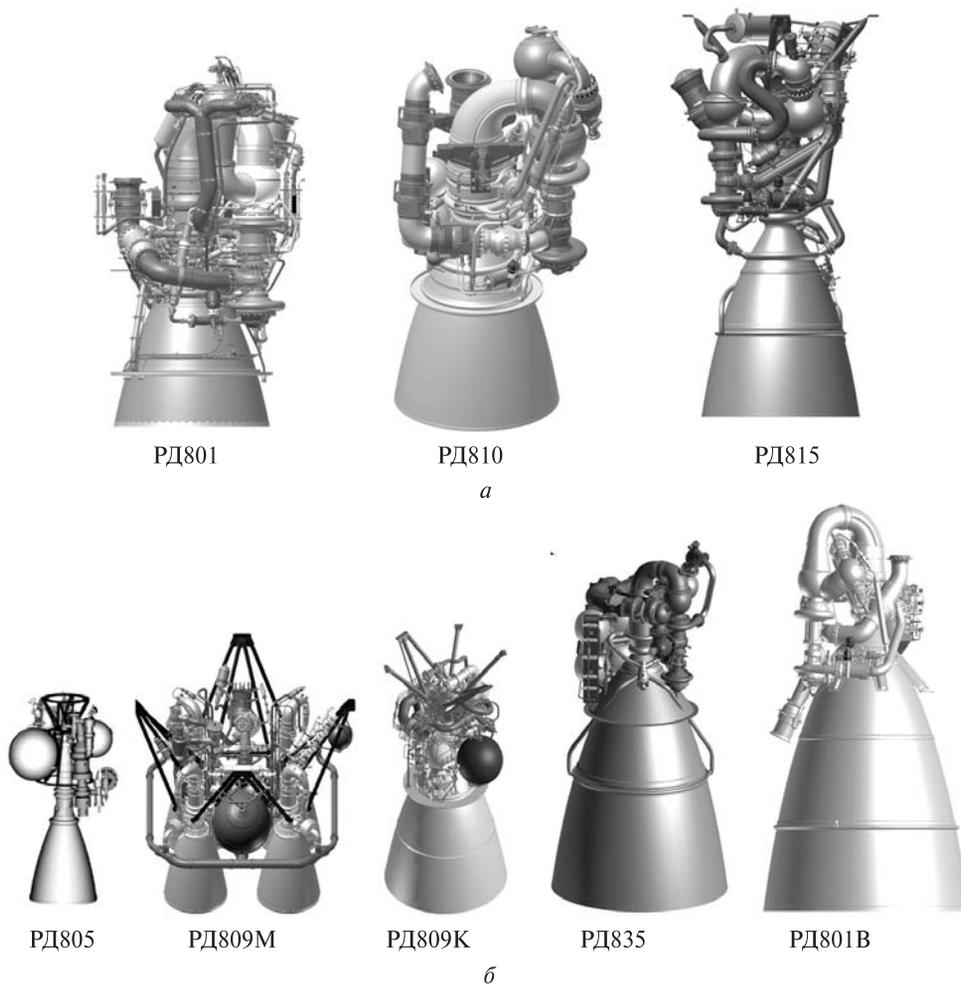


Рис. 3. Маршевые жидкостные ракетные двигатели на компонентах топлива кислород + керосин: а — первых ступеней, б — верхних ступеней

регата (ТНА), а камеру сгорания и газогенератор можно заимствовать из РД815. В дальнейшем не исключаем возможности модернизации двигателя этой размерности с переходом на однокамерную конструкцию, что позволит уменьшить вес и диаметральный габарит двигателя. Необходимость такой модернизации будет диктоваться потребностями будущего рынка. Облики двигателя с земной тягой 500 тс в двухкамерном и однокамерном исполнении приведены на рис. 4.

Двигатели тягой 1000 тс мы сегодня видим как кластерные из четырех 250 тонных, либо двух пятисот тонных (РД880х2) в двухкамерном либо однокамерном исполнении.

Над проектами этих двигателей специалисты «Южного» в настоящее время работают.

Для вторых и третьих ступеней разрабатываются проекты двигателей с тягой 10 тс (РД809К), 50 тс (РД835), примерно 140 тс (РД801В), 9 тс (РД809М), 2 тс (РД805).

Облик этих двигателей приведен на рис. 3, б, а характеристики — в табл. 1.

Двигатели РД809К, РД809М и РД805 разработаны на базе агрегатов серийного двигателя РД8, который используется в качестве рулевого на РН «Зенит». В РД809К заимствованы из РД8 ТНА, газогенератор и некоторые другие агрегаты. РД809К однокамерный, а РД8 четырехкамерный

[1]. Поэтому для РД809К разработана вновь камера сгорания, а также некоторые агрегаты автоматики и общей сборки. Кроме того, РД809К будет обеспечивать многократный запуск в полете. Проект и конструкторская документация по этому двигателю разработаны. В настоящее время ведется освоение изготовления этого двигателя и в ближайшее время специалисты «Южного» приступят к отработке вновь разработанных узлов и агрегатов.

Проект двигателя РД809М разрабатывался для использования в качестве маршевого на второй ступени РН «Антарес» [3]. Схемные решения для этого двигателя, состав агрегатов полностью заимствованы из РД8. Под новые задачи потребовалось изменить компоновку двигателя в обеспечение минимальных диаметральных габаритов. По нашим оценкам отработка и сертификация такого двигателя может быть проведена на 5—7 экземплярах. Все агрегаты двигателя в состоянии производства. На базе камеры двигателя РД8 создается проект маршевого двигателя РД805 тягой 2 тс для верхних ступеней. Разрабатываемые нами на базе двигателя РД8 три новых современных ЖРД могут быть с минимальными затратами отработаны и применены в качестве маршевых для верхних ступеней РН.

По двигателю РД835 с тягой в пустоте 50 тс в настоящее время ведутся проектные работы. В наших планах завершить разработку эскизного проекта этого двигателя до конца текущего года.

Двигатель РД801В, с тягой в пустоте около 140 тс, разрабатывается на базе агрегатов двигателя РД801, который нами разработан в качестве маршевого для первых ступеней с земной тягой 120 тс. Мы планируем модифицировать этот двигатель путем переупрофилирования сопла для изменения его высотности.

Для верхних ступеней и разгонных блоков в течение последних 10 лет специалистами «Южного» разработаны проекты ряда ЖРД, работающих на высококипящих компонентах топлива.

Для третьей ступени РН «Циклон-4» практически завершена отработка двигателя РД861К, внешний вид которого приведен на рис. 5, а, характеристики приведены в табл. 2. Имея высокие энергомассовые характеристики, этот двига-

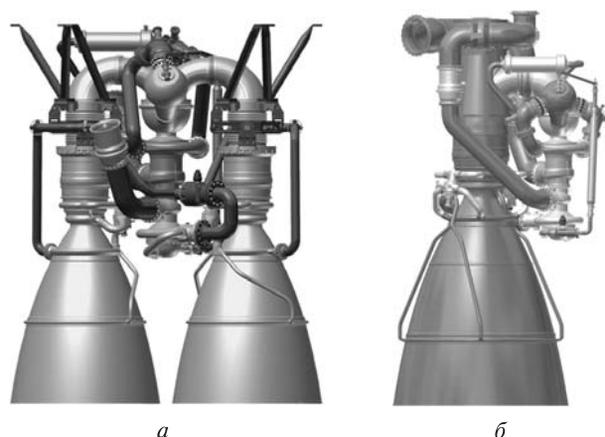


Рис. 4. Варианты двигателя РД880 с земной тягой 500 тс: а — двукамерный, б — однокамерный

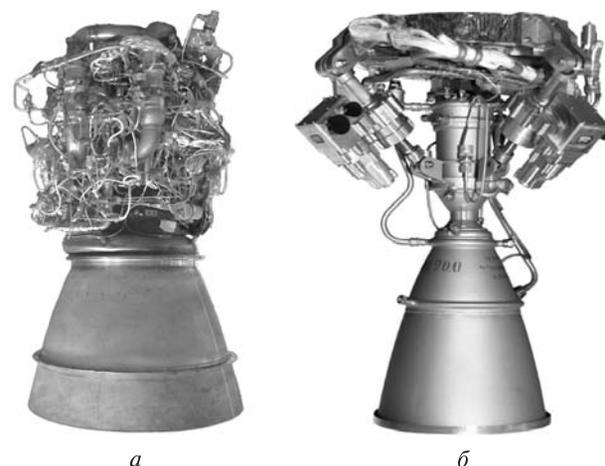


Рис. 5. Жидкостные ракетные двигатели: а — РД861К, б — РД843

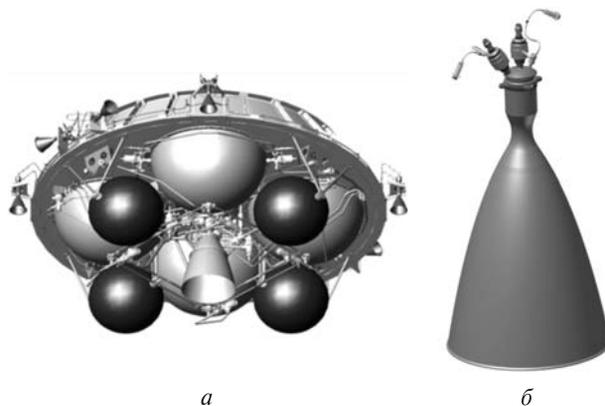


Рис. 6. Двигательная установка ДУ802 (а) и апогейный двигатель РД840 (б)

Таблица 2. Характеристики двигателей РД861К, РД843, ДУ802, РД840

Параметр	Двигатель			
	РД861К	РД843	ДУ802	РД840
Индекс двигателя	РД861К	РД843	ДУ802	РД840
Компоненты топлива	АТ+НДМГ	АТ+НДМГ	АТ+НДМГ	АТ+НДМГ
Тяга двигателя в пустоте, кг·с	7916	250	450	40.7
Удельный импульс тяги двигателя в пустоте, с	330	315.5	322.5	315
Давление в камере двигателя, кгс/см ²	90.5	20.4	36.5	10
Соотношение компонентов топлива	2.42	2,0	2.25	1.85
Количество плоскостей качания	2	2		
Количество камер	1	1	1	1
Масса сухая, кг	207	16	165.4	4.3

тель может обеспечивать многократный запуск в полете и продолжительное функционирование в условиях космического пространства.

Аналог двигателя РД843 (см. рис. 5, б) эксплуатируется в качестве маршевого в составе 4 ступени европейской РН «Вега».

Характеристики этого двигателя также приведены в табл. 2.

Для автономного космического буксира «Кречет», эксплуатация которого планировалась в составе РН «Днепр», создана двигательная установка ДУ802 (см. рис. 6, а), позволяющая осуществлять многократные включения в полете. Отработка этой двигательной установки приостановлена на этапе комплексных испытаний из-за отсутствия финансирования.

На базе ранее разработанных двигателей, работающих на высококипящих долгохранимых компонентах топлива, разработаны проекты двигателей РД860 и РД860L [4], которые могут быть использованы в космических программах по освоению Луны и других космических объектов. Имея опыт создания двигателей для советской лунной программы, позволявших обеспечить мягкую посадку пилотируемого корабля на лунную поверхность и доставку корабля на окололунную орбиту после взлета с поверхности Луны, специалисты «Южного» готовы решать вопросы создания ЖРД с многократным регулированием тяги. Для этого класса двигателей имеются производственная для изготовления и стендовая для испытаний базы на ГП ПО ЮМЗ и ГП КБ «Южное». Такие двигатели могут быть

созданы с минимальными финансовыми затратами и в очень сжатые сроки.

Специалистами «Южного» разрабатывается также апогейный двигатель тягой 40 кгс, работающий на долгохранимых высококипящих компонентах топлива (рис. 6, б). По этому двигателю разработана документация на опытный образец и ведутся экспериментальные работы. Основные характеристики ДУ 802 и РД 840 приведены в табл. 2.

ВЫВОДЫ

В обеспечение создания новых семейств РН специалисты ГП КБ «Южное» ведут разработки современных маршевых ЖРД для первых и вторых ступеней, работающих на экологически чистом топливе жидкий кислород и керосин, а так же ЖРД, работающих на долгохранимых высококипящих компонентах топлива, которые найдут применение для космических программ по исследованию дальнего космоса.

Использование имеющегося богатого опыта по разработке и отработке ЖРД позволяет прогнозировать существенное сокращение затрат на создание всей линейки двигателей, представленных в настоящей статье.

1. Дегтярев А. В., Прокопчук А. А., Шульга В. А. и др. Маршевый двигатель РД809К: Эскизный проект. Выбор параметров, конструкции двигателя и основных агрегатов. Пояснительная записка. Ч.1 М22 YZH ANL 036 01. — Днепропетровск: ГП «КБ «Южное», 2014. — 272 с.

2. Дегтярев А. В., Шульга В. А., Животов А. И., Дибри-
вний А. В. Создание семейства кислородно-керосино-
вых жидкостных ракетных двигателей на базе отрабо-
танных технологий для перспективных ракет-носите-
лей ГП «КБ «Южное». — Харьков: ХАИ, 2013. — 44 с.
3. Конюхов С. Н., Шнякин В. Н., Шульга В. А. и др. Мар-
шевый двигатель РД809 второй ступени РН «Тау-
рус-2»: Эскизный проект. Пояснительная записка
00.1506.0000.0000.09.0 ПЗ. — Днепропетровск: ГП
«КБ «Южное», 2010. — 50 с.
4. Шнякин В. Н., Шульга В. А., Животов А. И., Диб-
ривний А. В. Космические жидкостные ракетные дви-
гатели с многократным запуском в полете и регулиро-
ванием тяги // ИАС-11.С4.1.9. — 2011.

Стаття надійшла до редакції 21.07.15

О. О. Прокопчук, В. А. Шульга

Державне підприємство «Конструкторське бюро
«Південне» ім. М. К. Янгеля», Дніпропетровськ

ЛІНІЙКА ПЕРСПЕКТИВНИХ
РРД ДП «КБ «ПІВДЕННЕ»
ДЛЯ СТВОРЕННЯ НОВИХ СІМЕЙСТВ РН

Спеціалісти ДП «КБ «Південне» працюють над створен-
ням лінійки перспективних рідинних ракетних двигунів
(РРД), які дозволять задовольнити, насамперед, власні

потреби в сучасних двигунах при створенні сучасних сі-
мейств РН, а також потреби ринку. Створення цієї лінійки
дозволить забезпечити незалежність ракетної галузі Ук-
раїни від зовнішніх поставок сучасних РРД при вирішенні
такого актуального для всіх технічно розвинених еконо-
мік питання, як незалежний доступ в космічний простір.

Ключові слова: киснево-газовий РРД, замкнена схема,
маршовий РРД, тяга, питомий імпульс тяги.

A. A. Prokopchuk, V. A. Shulga

Yuzhnoye State Design Office, Dnepropetrovsk

THE ADVANCED LIQUID ROCKET ENGINE LINE
OF SDO “YUZHNOYE” FOR THE CREATION OF NEW
FAMILIES OF LAUNCH VEHICLES

SDO “Yuzhnoye” specialists are working on the creation of
advanced liquid rocket engine (LRE) line that first of all, al-
lows satisfying our own needs in modern engines due to cre-
ation of new families of launch vehicles (LV) as well as satisfy-
ing requirements of the market. The creation of this LRE line
allows us to be sure in the independence of Ukrainian rocket
industry from foreign shipment of modern LRE for the solv-
ing of an independent access to space market that is actual for
all the technically developed economics.

Key words: LOX-kerosene LRE, stage combustion cycle, main
LRE, thrust, specific thrust impulse.