

УДК 621.452.2.043+621.822

**В.Н. ШНЯКИН, В.А. ШУЛЬГА, В.И. КОНОХ, А.И. ЖИВОТОВ, А.В. ДИБРИВНЫЙ***Государственное предприятие "Конструкторское бюро "Южное" им. М.К. Янгеля"*

## РАЗРАБОТКА МНОГОРЕЖИМНОГО ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПНЕВМОНАСОСНОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА ДЛЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ МОДУЛЕЙ

*Учитывая повышенный интерес к разработке современных взлетно-посадочных систем ГП «КБ «Южное» предлагает многорежимный ЖРД РД860L, который может использоваться в составе взлетно-посадочного модуля с целью доставки роботизированного ровера, научных приборов, космического телескопа на механической подвижной платформе для осуществления исследовательских миссий на поверхности Луны и Марса. Новый двигатель РД860L разрабатывается на основе существующей двигательной установки ДУ802 автономного космического буксира «Кречет» с использованием пневмонасосной подачи топлива.*

**Ключевые слова:** двигатель РД860L, пневмонасосная подача топлива, взлетно-посадочный модуль.

### Введение

Разработка современных многорежимных двигателей новых взлетно-посадочных систем требует значительных финансовых затрат в течение длительного периода времени (3 – 5 лет). Существующий эпизодический характер лунных и марсианских миссий не позволяет надеяться на быструю окупаемость проекта, требующего значительных капиталовложений. Поэтому, в подобных разработках на первый план выходит задача создания эффективной системы в сжатые сроки и при минимальных затратах.

Базируясь на имеющемся в ГП «КБ «Южное» опыте разработки различных жидкостных ракетных двигателей для верхних ступеней ракет и космических буксиров (в том числе для взлетно-посадочных систем), мы считаем, что для подобных миссий целесообразно использовать только проверенные решения. Разработка новых взлетно-посадочных модулей с широким использованием элементов существующих двигателей позволит обеспечить высокую надежность при минимальных сроках и затратах на разработку двигателей.

Концепция разработки двигателя РД860L базируется на максимальном использовании задела элементов существующих двигателей разработки ГП «КБ «Южное».

### 1. Назначение двигателя

Двигатель РД860L предназначен для взлетно-посадочного модуля с целью доставки роботизированного ровера, научных приборов, космического телескопа на механической подвижной платформе

для осуществления исследовательских миссий на поверхности Луны и Марса.

### 2. Состав двигателя РД860L

Концептуально двигатель РД860L подобен разработанному ранее для советской лунной программы двигателю 11Д410<sup>1</sup> и состоит из двух автономных двигательных блоков (центрального и периферийного) со своими пневмонасосными агрегатами, собранных на общей силовой раме. Внешний вид двигателя 11Д410 представлен на рис. 1.

Двигатель РД860L – трехкамерный, многорежимный, с пневмонасосной системой подачи компонентов топлива. Обеспечивает создание требуемой величины тяги, многократное включение в полете, поддержание заданной тяги и соотношения компонентов топлива.

<sup>1</sup> Двигатель 11Д410 хорошо известен по неоднократным публикациям. Двигатели лунного посадочного модуля Блока Е РН Н-1 – основной РД858, имеющий возможность четырехкратного дросселирования, и резервный двухкамерный РД859. Резервный двигатель имеет возможность регулирования тяги  $\pm 10\%$ . Оба двигателя тягой 2000 кгс. Каждый двигатель обеспечивает двукратное включение.

В общей сложности с момента начала отработки суммарное время наработки составило:

– РД858 – 296135 с (495 включений);

– РД859 – 230506 с (519 включений).

Успешно проведены испытания трех блоков 11Д410 на орбите искусственного спутника Земли.

Эти двигатели послужили базой для разработки двигателей РД864, РД866, РД868, РД869 и VG143, а также двигателя двигательной установки ДУ-802, имеющей в своем составе пневмонасосную систему подачи компонентов топлива в камеру двигателя [2].

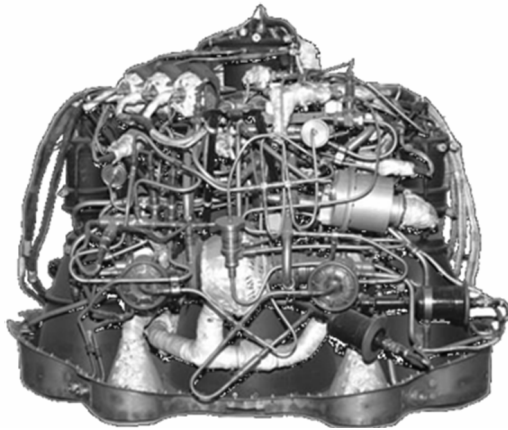


Рис. 1. Внешний вид двигателя 11Д410

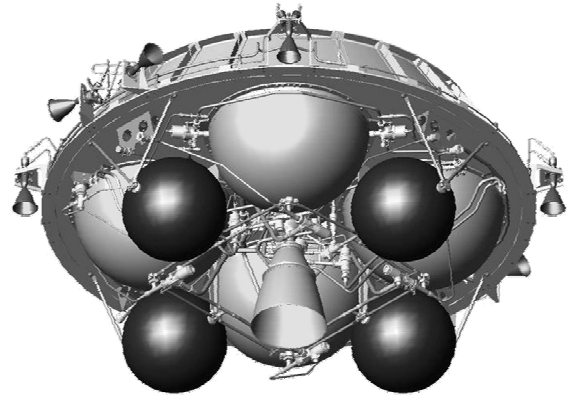


Рис. 2. Внешний вид ДУ802

Центральный блок – однокамерный, разрабатывается на базе двигательного блока ДУ802<sup>2</sup> (РН «Днепр») с использованием камеры РД866<sup>3</sup>. Периферийный блок включает две модернизированные камеры двигателя РД866 и ПНА двигательного блока ДУ802 [1], [2].

В предыдущем докладе [1] отмечались два основных преимущества двигательной установки с пневмонасосной системой подачи по сравнению с известными, ставшими классическими, вытеснительной и турбонасосной. Баки в ДУ с ПНА находятся под низким давлением как в ДУ с турбонасосной системой. Для подачи компонентов топлива необходимо газа в ~1,5 раза меньше чем для вытеснительной системы подачи за счет его подогрева от работающей камеры двигателя перед подачей в ПНА. Точность поддержания соотношения компонентов топлива < 0,5 % с учетом разности температур компонентов топлива 2 – 3 °С (это не обеспечивается ни одной из известных систем регулирования). Кроме того, проведенные проектные работы показали, что существующий двигательный блок двигательной установки ДУ802 относительно просто может быть доработан для выполнения задач с двукратным дросселированием тяги.

На рис. 2 и 3 представлены внешний вид и принципиальная схема двигательной установки ДУ802, ставшей основой для двигателя РД860L.

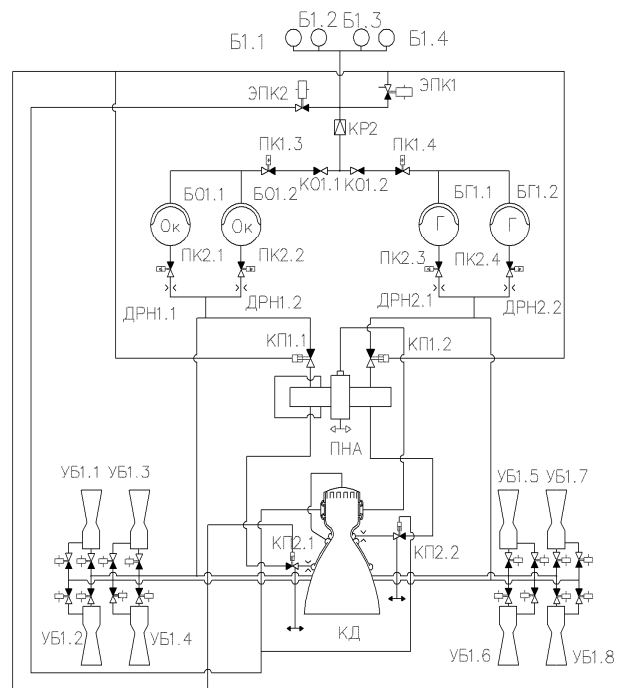


Рис. 3. Принципиальная схема ДУ802

Б1.1-Б1.4 – баллон; БГ1.1, БГ1.2 – бак горючего; БО1.1, БО1.2 – бак окислителя; ДРН1-ДРН2 – жиклер; КД– камера двигателя; КО1.1, КО1.2 – клапан обратный; КП1.1, КП1.2 – клапан перекрывной; КП2.1, КП2.2 – клапан; КР – клапан редукционный; ПК1.1-ПК1.4, ПК2.1-ПК2.4 – пироклапан; ПНА – пневмонасосный агрегат; УБ1.1-УБ1.8 – ЖРД МТ; ЭПК1, ЭПК2 – электропневмоклапан

<sup>2</sup> Двигательная установка ДУ802 разработана ГП «КБ «Южным» для украинско-российской РН «Днепр». Впервые применена принципиально новая система подачи с использованием двухкомпонентного пневмонасосного агрегата (ПНА). В настоящее время закончена отработка двигательного блока. Проведено 17 испытаний двух экземпляров двигательных блоков. Суммарно наработано 2048,48 с. Проведены испытания системы подачи ДУ (система наддува, топливные баки и ПНА).

<sup>3</sup> Двигатель РД866 разработан для разгонной ступени ракет типа SS-24. Прошел полный цикл испытаний. Серийно изготавливался на ПО «ЮМЗ» до 1991 года [3].

Для привода пневмонасосных агрегатов используется сжатый гелий, который должен храниться в баллонах высокого давления двигательной установки.

Для уменьшения массы бортового запаса гелия в конструкцию двигателя введены три теплообменника, установленные на закритической части камер двигателя. Максимальная температура гелия на выходе из теплообменника составляет 400К.

### 3. Габаритные и весовые характеристики двигателя РД860L

Габаритные и весовые характеристики двигателя РД860L представлены в табл. 1.

Таблица 1

Габаритные и весовые характеристики двигателя РД860L

Параметр, размерность	Двигатель РД860L	
	стационарный	с качанием
Максимальная высота двигателя от среза сопла камер до стыковочной плоскости пят рамы, мм	1015	1090
Максимальная длина двигателя от первой боковой камеры (с учетом пят рамы) до второй боковой камеры (с учетом пят рамы), мм	1150	1400
Предварительная масса двигателя, кг	102	114

В зависимости от решаемых задач двигатель может быть выполнен в двух вариантах: с качанием центрального двигательного блока в карданном подвесе (управление двигателем в двух взаимно перпендикулярных плоскостях) и стационарным.

Общий вид вариантов исполнения двигателя РД860L представлен на рис. 4, 5.

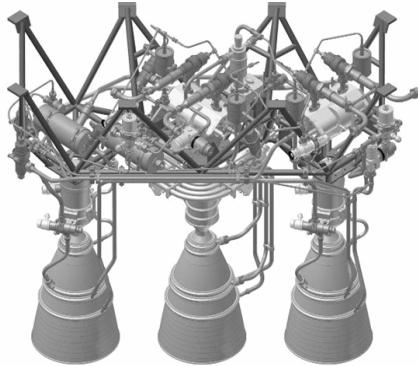


Рис. 4. Вариант компоновки двигателя с качанием центрального блока

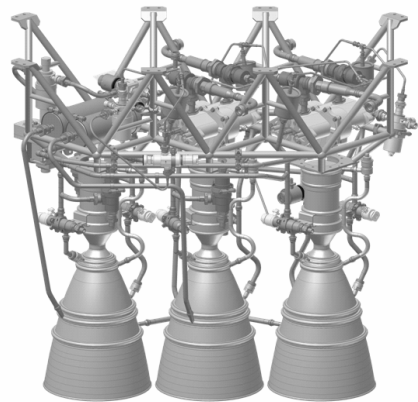


Рис. 5. Вариант компоновки двигателя со стационарным центральным блоком

### 4. Описание работы двигателя

Совместная работа двух двигательных блоков (центрального и периферийного) обеспечивает коррекцию траектории КА, выведение его на орбиту искусственного спутника Луны и маневрирование его на орбите. На этапе снижения и посадки для обеспечения двукратного дросселирования тяги периферийный двигательный блок может быть отключен. Мягкая посадка обеспечивается плавным дросселированием центрального блока до величины 250 кгс.

Типовая диаграмма работы двигателя представлена на рис. 6.

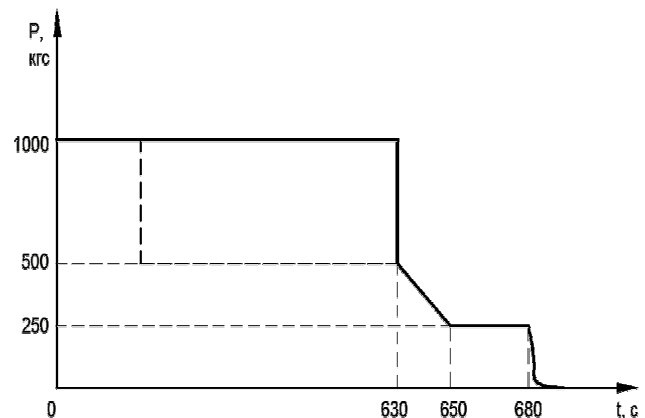


Рис. 6. Типовая диаграмма работы двигателя (примечание – отключение периферийного блока может быть осуществлено в любой момент времени)

### 5. Основные характеристики двигателя

Основные технические характеристики двигателя РД860L представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики двигателя РД860L

Параметр, размерность	Величина
Компоненты топлива:	
– окислитель	АТ
– горючее	НДМГ
Тяга в пустоте, кгс	от 1000 до 250
Удельный импульс тяги, с	от 316 до 321
Соотношение компонентов топлива	2,25
Давление в камере сгорания, кгс/см <sup>2</sup>	от 20,5 до 41,5
Количество запусков в полете (каждого блока)	10
Продолжительность работы (суммарная), с	до 700

## Заключение

Для решения задачи по доставке на поверхность планет полезных грузов и возвращению их ГП «КБ «Южное» предлагает разработать на базе элементов существующих двигателей высокоэффективный ЖРД РД860L.

Двигатель РД860L разрабатывается на базе существующего двигательного блока двигательной установки ДУ-802 автономного космического буксира «Кречет».

## Литература

1. Конструктивные особенности двигательной установки, обеспечивающие управляемость АКБ "Кречет" [Текст] / В.Н. Шнякин, В.А. Шульга, А.В. Животов, А.В. Дибривный // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2007. – № 7/43. – С. 211-212.

2. Жидкостные ракетные двигатели КБ «Южного». Описание и основные технические данные [Текст]/ под ред. С.Н. Конохова. – Днепропетровск: КБ «Южное», 1999. – С. 13-17.

3. Жидкостные ракетные двигатели КБ «Южного». Описание и основные технические данные [Текст]/ под ред. С.Н. Конохова. – Днепропетровск: КБ «Южное», 1999. – 33 с.

Поступила в редакцию 1.06.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук В.А. Габриец, Национальная академия государственного управления при Президенте Украины, Днепропетровск.

## РОЗРОБКА БАГАТОРЕЖИМНОГО РІДИННОГО РАКЕТНОГО ДВИГУНА З ПНЕВМОНАСОСНОЮ ПОДАЧЕЮ ПАЛИВА ДЛЯ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВИХ МОДУЛІВ

*В.М. Шнякін, В.А. Шульга, В.І. Конох, О.І. Животов, О.В. Дібрівний*

З огляду на підвищений інтерес до розробки сучасних злітно-посадочних систем ДП «КБ «Південне» пропонує багаторежимний РРД РД860L, який може використовуватися у складі злітно-посадочного модуля з метою доставки роботизованого ровера, наукових приладів, космічного телескопа на механічній рухомій платформі для здійснення дослідницьких місій на поверхні Місяця і Марса. Новий двигун РД860L розробляється на ґрунті існуючої двигунної установки ДУ802 автономного космічного буксиру «Кречет» з використанням пневмонасосної подачі палива.

**Ключові слова:** двигун РД860L, пневмонасосна подача палива.

## DEVELOPMENT OF A MULTIMODE LIQUID ROCKET ENGINE FUEL SUPPLY PNEUMOPUMP FOR TAKEOFF AND LANDING MODULES

*V.N. Shnykin, V.A. Shul'ga, V.I. Konokh, A.I. Zhyvotov, A.V. Dybrivny*

Given the heightened interest in the development of advanced landing systems SDO Yuzhnoye offers a multimode rocket engine RD860L that can be used in composition of a landing module to deliver a robotic rover, research gear, space telescope on a mechanical mobile platform to carry out research missions on Moon and Mars surfaces. The new RD860L engine is designed on the base of an existing DU802 propulsion system of Krechets AST using pneumopump supply.

**Key words:** propulsion system, RD860L, pneumatic pump fuel feed.

**Шнякин Владимир Николаевич** – канд. техн. наук, заместитель Генерального конструктора ГП «КБ «Южное» – Главный конструктор КБ ракетных двигателей, Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

**Шульга Владимир Андреевич** - канд. техн. наук, начальник отдела общей сборки ГП «КБ «Южное», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

**Конох Владимир Иванович** - канд. техн. наук, начальник отдела агрегатов автоматики ЖРД ГП «КБ «Южное», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

**Животов Александр Иванович** – начальник сектора отдела общей сборки ГП «КБ «Южное», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.

**Дибривный Александр Валериевич** – начальник группы отдела общей сборки ГП «КБ «Южное», Днепропетровск, Украина, e-mail: info@yuzhnoye.com.