

У зв'язку з високою точністю розв'язування лінійної задачі, а також ефективністю і обґрунтованістю застосування методу ділення навпіл, припускаємо, що отримаємо вірний і достатньо точний розв'язок поставленої задачі.

### Бібліографічні посилання

1. Influence Functions and Matrices / Melnikov Yu. A. // New York-Basel: Marcel Dekker, 1999.
2. Денисов А. М. Введення в теорію зворотних задач / А. М. Денисов. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 208 с.
3. Волошко В.Л. Визначення основних параметрів згину пластини складної форми / В. Л. Волошко // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер.: Ракетно-космічна техніка. – 2007. – Вип. 9. – № 9. – С. 8–17.
4. Волошко Л. В. Обчислювальна ефективність бігармонічного потенціалу / Л. В. Волошко, Л. С. Коряшкіна // Тези доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2009)», 25 – 27 листопада 2009 року. – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т ім. О. Гончара. – С. 132–133.
5. Кисельова О. М. Неперервні задачі оптимального розбиття множин: теорія, алгоритми, додатки : монографія / О. М. Кисельова, Н. З. Шор. – К.: Наук. думка, 2005. – 564 с.
6. Кисельова О. М. Щодо розв'язування крайової задачі для неоднорідного бігармонічного рівняння для області складної форми / О. М. Кисельова, В. Д. Ламзюк, Л. В. Волошко // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер.: Моделювання. – 2011. – Вип. 3, № 8. – С. 20–28.
7. Арсенін В. Я. Методи математичної фізики і спеціальні функції / В. Я. Арсенін. – М.: Наука, 1984. – 460 с.
8. Самуль В. І. Основи теорії пружності і пластичності / В. І. Самуль. – М.: Вища школа, 1970. – 287 с.
9. Боборикін В. Г. Про розв'язування задачі пружного згину пластини зі змішаними граничними умовами / В. Г. Боборикін // International applied mechanics. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 104–111.
10. Коряшкіна Л.С. Розв'язок однієї задачі керування параболічною системою / Л. С. Коряшкіна // Проблеми керування і інформатики, 1998. – С. 94–102.
11. Самарський А. А. Чисельні методи розв'язку зворотних задач математичної фізики / А. А. Самарський, П. Н. Вабищевич. – М.: ЛКИ, 2009. – 480 с.

*Надійшла до редколегії 01.12.2011.*

УДК 629.7

**А. В. Дегтярев, А. Э. Кашанов, Н. Г. Литвин, В. А. Шульга**

*Государственное предприятие «Конструкторское бюро “Южное”  
им. М.К. Янгеля»*

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СЕМЕЙСТВА МОДУЛЬНЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

У статті викладено принципи створення перспективного сімейства блочних (модульних) ракет-носіїв, розроблених ДП «КБ “Південне”». Вони створюються на основі накопиченого досвіду, перевірених технічних рішень та нових розробок. Показаний ряд блоків першого і другого ступенів ракет-носіїв і варіанти перспективних ракет-носіїв легкого, середнього і важкого класів.

**Ключові слова:** ракета-носій, ракетний двигун, космічний апарат, космічний ракетний комплекс.

---

© А. В. Дегтярев, А. Э. Кашанов, Н. Г. Литвин, В. А. Шульга, 2012

**В статье изложены принципы создания перспективного семейства блочных (модульных) ракет-носителей, разработанных ГП «КБ «Южное»». Они создаются на основе накопленного опыта, проверенных технических решений и новых разработок. Показан ряд блоков первой и второй ступеней ракет-носителей и варианты перспективных ракет-носителей легкого, среднего и тяжелого классов.**

**Ключевые слова:** ракета-носитель, ракетный двигатель, космический аппарат, космический ракетный комплекс.

**It is a description of the principles for launch vehicles modular families designed by SDO Youzhnoye. Launch vehicles creation based on experience, technical solutions and new developments. It is showed series of launch vehicles first and second stages and variants of perspective light, medium and heavy launch vehicles.**

**Key words:** carrier rocket, rocket engine, space vehicle, space rocket complex.

Рынок пусковых услуг сегодня насчитывает большое количество разнообразных по массе и назначению космических аппаратов (КА): легкие низкоорбитальные космические аппараты, тяжелые геостационарные спутники, а также пилотируемые космические корабли и модули международных космических станций. Для их успешного выведения требуются надежные ракеты-носители (РН) различного класса грузоподъемности.

При создании РН существует два подхода. Первый из них предполагает новую полномасштабную разработку РН, обеспечивая при этом оптимальные характеристики ракеты. Эта разработка оказывается не только весьма сложной и дорогостоящей, но и содержащей значительную долю технического риска – в силу высокого уровня новизны разработки и возникающих в её процессе научно-технических проблем.

На начальном этапе развития космической техники в 60-е годы прошлого столетия пуск каждой группы КА проводился с помощью соответствующего типа РН легкого, среднего или тяжелого классов [1]. При постановке очередных задач пуска специально впервые создавалась РН, способная их решать. Сегодня, когда у заказчиков пусковых услуг для каждого класса КА имеется на выбор несколько типов РН в коммерческой эксплуатации, способных выполнить задачу пуска [2], такой подход к разработке и использованию ракет-носителей уже недопустим.

Второй подход предполагает поэтапное создание тяжелой РН за счет использования в её компоновке блочного принципа, когда значительная часть блоков и конструктивных элементов ракеты космического назначения (РКН) предварительно проходит отработку, включая лётную, на ракетах-носителях меньшей размерности.

Классическим примером этого подхода являются ракеты-носители «Энергия», семейство РН Delta IV и проекты РН «Ангара» от «Ангара-1.2» до «Ангара-5» и Falcon – от Falcon 9 до Falcon Heavy.

Разработка РН тяжелого или сверхтяжелого класса является задачей сложной и дорогостоящей, кроме того, особенно острым становится вопрос надежности такой системы. Для успешного решения этих проблем целесообразно использование уже апробированных технических решений и наработок, применяемых на существующих ракетно-космических системах и комплексах. Такой подход позволяет:

- существенно снизить затраты на разработку и организацию производства новой ракеты-носителя;
- значительно сократить время разработки;
- обеспечить высокий уровень надежности ракетно-космической системы.

Для нескольких типов РН требуется создание нескольких стартовых комплексов, изготовление неоправданно большого количества оборудования и оснастки, которая впоследствии используется только частично, что в свою очередь дополнительно увеличивает затраты на изготовление РН.

Обеспечить реализацию пусковых услуг во всех сегментах рынка космических запусков и при этом существенно уменьшить затраты на создание и эксплуатацию парка РН позволяет создание ряда РН разного класса на основе универсальных ракетных блоков (УРБ) создаваемых на основе однотипных компонентов.

На сегодняшний день в ГП «КБ «Южное»» имеются большой технический задел не только по РН, но и по системам наземного комплекса, исходя из опыта разработки комплексов «Циклон» и «Зенит» с их модификациями, разработанными в течение последних сорока лет. Концептуальный подход к использованию этого задела изложен в целом ряде проектных проработок предприятия [3,4].

Универсальный ракетный блок, благодаря заложенным в него конструкторским решениям, может использоваться как в составе одноблочной РН, так и в составе полиблочной РН с различным количеством ракетных блоков. Дополнительные УРБ присоединяются к центральному по бокам в случае необходимости увеличения массы полезной нагрузки, выводимой в космос. Так как первая ступень РН является основной составной частью любой космической системы, унификация ее компонентов позволяет существенно снизить стоимость изготовления ракеты и упростить процесс подготовки к старту.

В последние годы для модернизации существующих РН и разработки перспективных РН в ГП «КБ «Южное»» для использования на первых ступенях РН разрабатываются новые двухкомпонентные жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) РД-810 и РД-801 (рис. 1, 2), использующие компоненты топлива жидкий кислород-керосин.

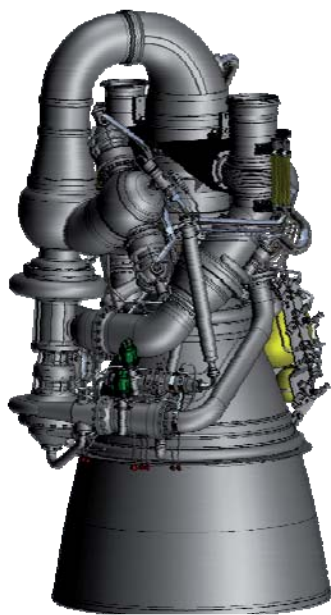


Рис. 1. РД-810

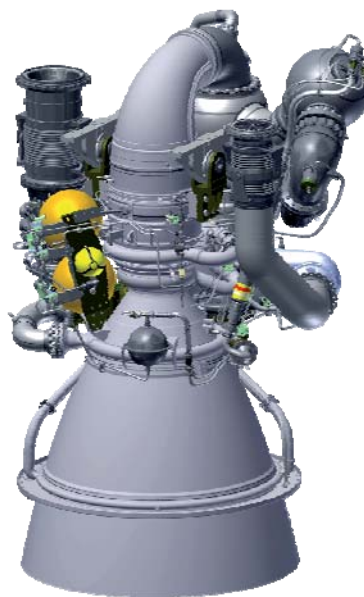


Рис. 2. РД-801

Характеристики РД-810 и РД-801 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики ЖРД РД-810 и РД-801

Наименование параметра	РД-810	РД-801
Тяга, тс:		
у земли	194,6	123
в вакууме	211,3	135,2

Закінчення табл. 1

Наименование параметра	РД-810	РД-801	
Удельный импульс, с:	у земли	303,6	302,9
	в вакууме	330,3	332,7
Соотношение компонентов топлива	2,65	2,65	
Качание камеры для управления:	в одной плоскости / в двух плоскостях	в одной плоскости / в двух плоскостях	
Масса двигателя «сухая», кг	2350 / 2500	1530 / 1630	

Для второй и верхних ступеней РН предполагается использовать ЖРД РД-801В, РД-809М и РД-809К (рис. 3–5).

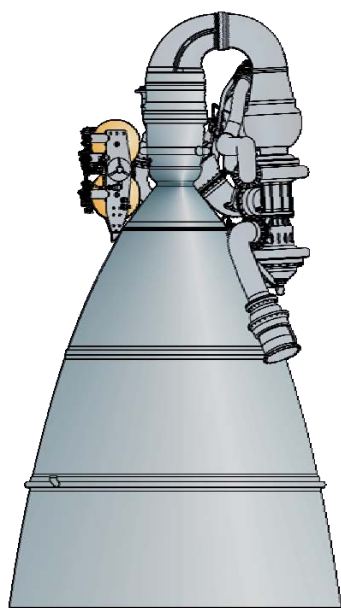


Рис. 3. РД-801В

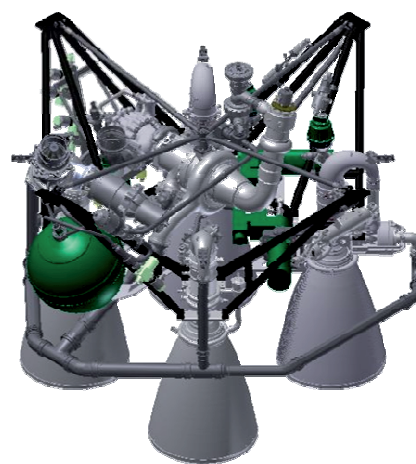


Рис. 4. РД-809М

Характеристики РД-801В, РД-809М и РД-809К представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Характеристики РД-801В, РД-809М и РД-809К

Наименование параметра	РД-801В	РД-809М	РД-809К
Тяга в вакууме, тс	141,7	8–9	8–9
Удельный импульс в вакууме, с	350	345	350
Соотношение компонентов топлива	2,6	2,5	2,63
Количество включений	1	2	2
Масса двигателя «сухая», кг	~1800	~300	~250

На основе вышеуказанных ЖРД возможно создать *семейство блочных РН* в составе единого космического ракетного комплекса, конкурентоспособных жидкостных РН легкого, среднего и тяжелого классов для коммерческого использования на рынке космических запусков, в том числе в рамках совместных проектов с иностранными партнерами.

Работы по концепции создания семейства РН на экологически чистых компонентах топлива «жидкий кислород + керосин» ведутся в ГП «КБ «Южное» в течение длительного времени, в первую очередь с учетом мест размещения стартовых площадок на различных существующих космодромах, применения в компоновках РН стартовых ускорителей, унификации систем наземного комплекса и т. д.

Комплексный анализ существующего парка РН показал целесообразность создания системного ряда (семейства) новых конкурентоспособных РН с широким потенциалом технических и эксплуатационных возможностей и высокой способностью к адаптации к запросам заказчиков пусковых услуг.

В основу проекта модульных РН заложены ракетные блоки первой ступени различного диаметра на основе ДУ РД-801 или РД-810 (рис. 6, 7).

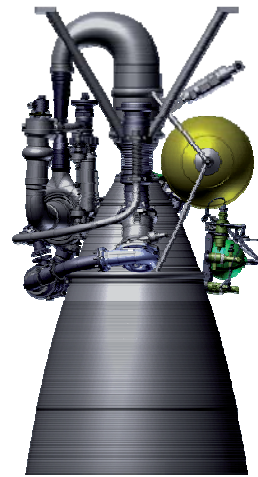


Рис. 5. РД-809К

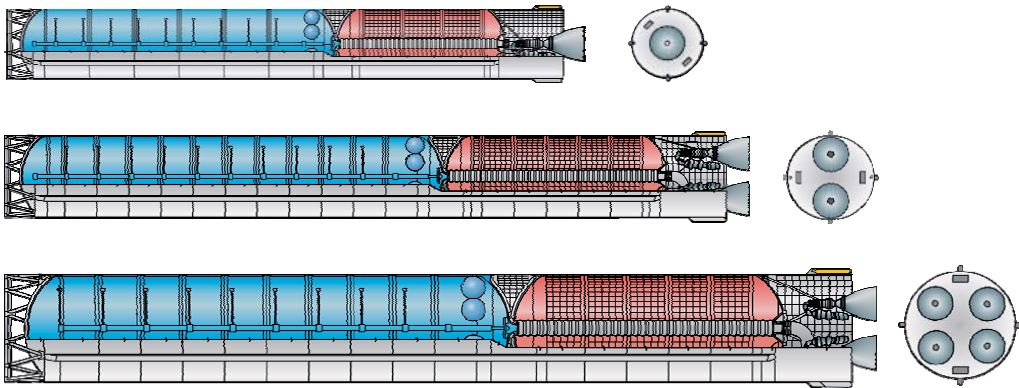


Рис. 6. Блоки первой ступени на основе ДУ РД-801

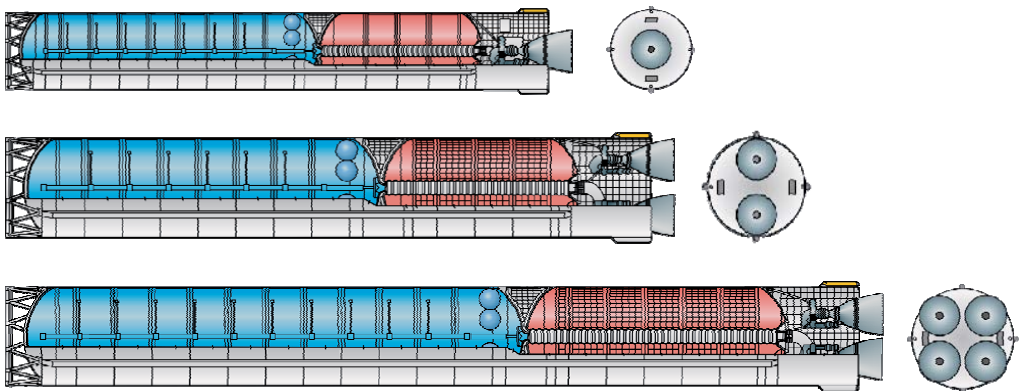


Рис. 7. Блоки первой ступени на основе ДУ РД-810

Ракетный блок первой ступени состоит из межступенной рамы, баков окислителя и горючего, хвостового отсека и блока ДУ. В зависимости от назначения

блоки ДУ могут состоять из одного, двух или трех ЖРД. Реализация заданных проектно-конструкторских характеристик ступени достигается за счет сбалансированного сочетания новых и существующих технологий, широкого использования высоконадежных серийных узлов и агрегатов, построения бортовой и наземной аппаратуры РН на единой элементной базе. Вторые ступени модульных РН создаются на базе выбора оптимальных параметров, основываясь на поставленной задаче и конструкции первой ступени (рис. 8).

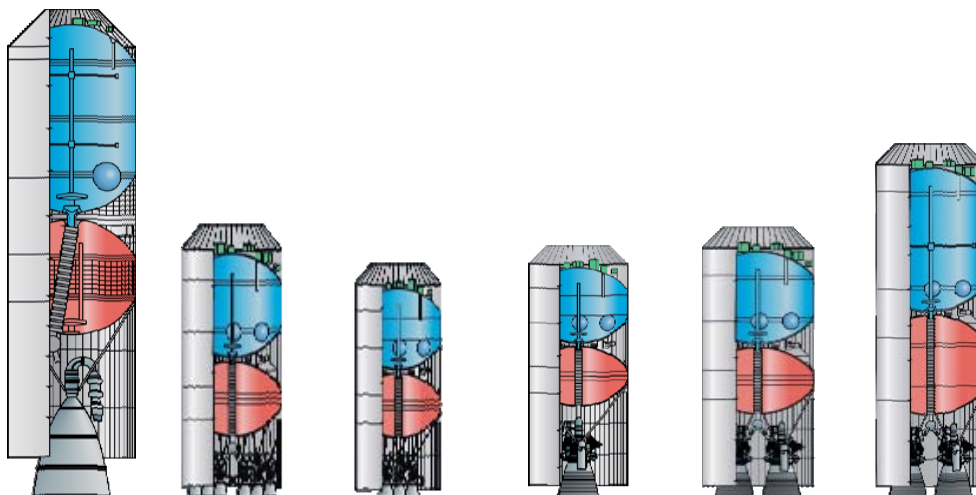


Рис. 8. Блоки второй ступени

Конструкция ракетного блока второй ступени состоит из переходного адаптера ПГ, баков окислителя и горючего, хвостового отсека и блока ЖРД.

Головной обтекатель выполняется в нескольких вариантах в зависимости от конструкции РН.

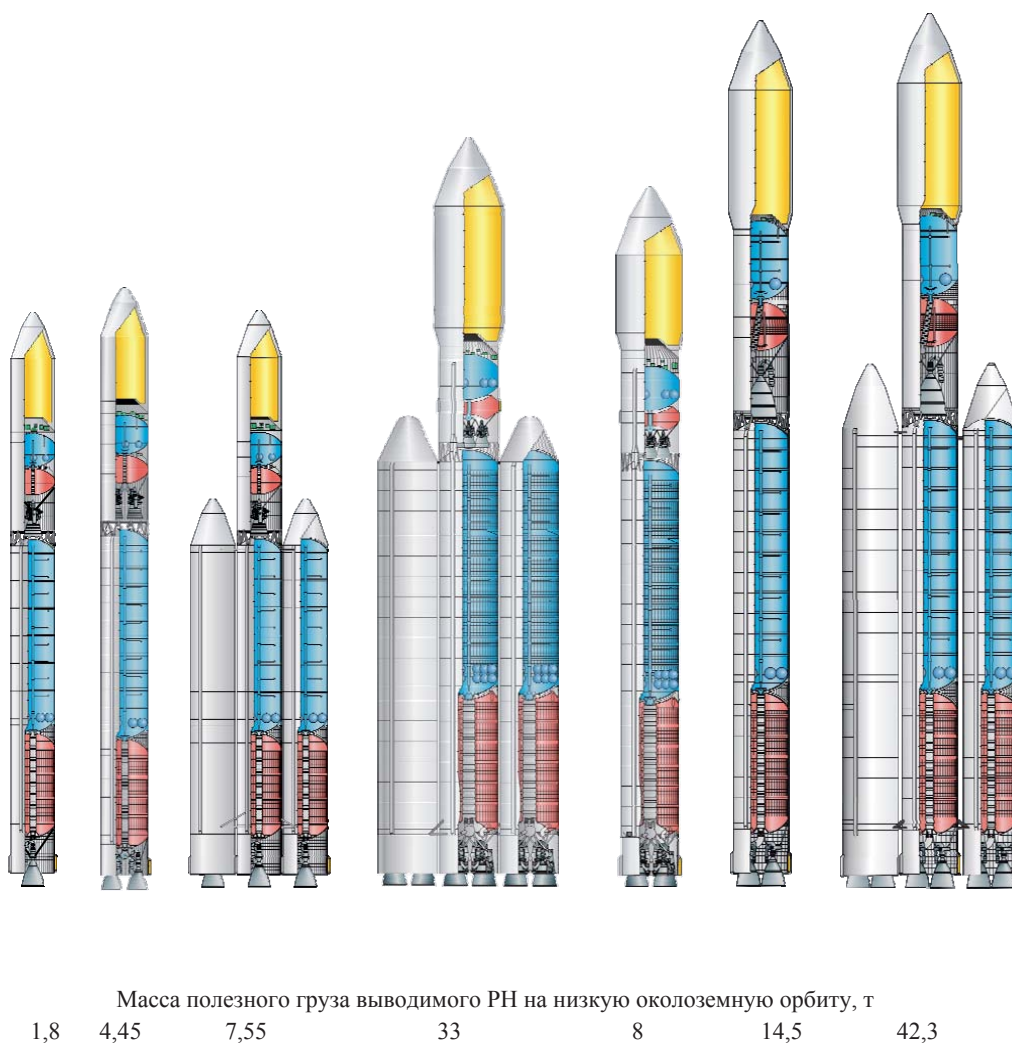
В зависимости от предъявляемых требований бизнес-плана по созданию семейства блочных РН оно может включать в себя достаточно большое количество РН. Пример такого ряда представлен на рис. 9, где приведена также предварительная оценка энергетических характеристик этих РН.

Единые для всех ракетных блоков семейства компоненты топлива позволяют упростить наземную инфраструктуру, габариты ракетных блоков и компоновку РН, обеспечить их транспортировку любым типом транспорта – железнодорожным, морским, авиационным или автодорожным, а также упростить эксплуатацию на стартовом и техническом комплексах. Конструкция ракет полностью соответствует существующему производству в ГП «ПО ЮМЗ» и использованию хорошо освоенных и умеренных по затратам материалов и технологий.

В основу разработки унифицированного наземного комплекса (НК) для семейства РН с учетом предыдущих разработок заложены следующие общие положения и критерии:

- максимальное упрощение выполняемых операций с максимальной надежностью при минимальной номенклатуре строительных сооружений и технологического оборудования;
- максимальная безопасность как обслуживающего персонала при выполнении всех технологических операций по подготовке и пуску РКН, так и безопасность оборудования в различных, в том числе аварийных ситуациях, а также экологическая безопасность окружающей среды при эксплуатации НК;

– минимальная стоимость создания и эксплуатации НК и его составных частей.



**Рис. 9. Семейство блочных РН**

Для запуска всех РН легкого, среднего, и тяжелого классов экономически целесообразным является создание единого универсального технического комплекса и единой универсальной стартовой площадки, способных провести подготовку и выполнить пуск любой РН семейства.

На начальном этапе стартовая площадка может использоваться для запуска РН легкого и среднего классов, однако уже в начальной стадии ее создания необходимо заложить технологическую основу для запуска РКН тяжелого класса.

Пример универсального стартового стола приведен на рис. 10.

Предложенный авторами подход к модульной разработке РН легкого, среднего, и тяжелого классов с максимальным учетом многолетнего опыта ГП «КБ «Южное»» по созданию ракетных комплексов и наличием семейства ЖРД позволяет создать семейство блочных РН в составе единого космического ракетного комплекса с минимальными сроками разработки, финансовыми затратами и высокой надежностью.

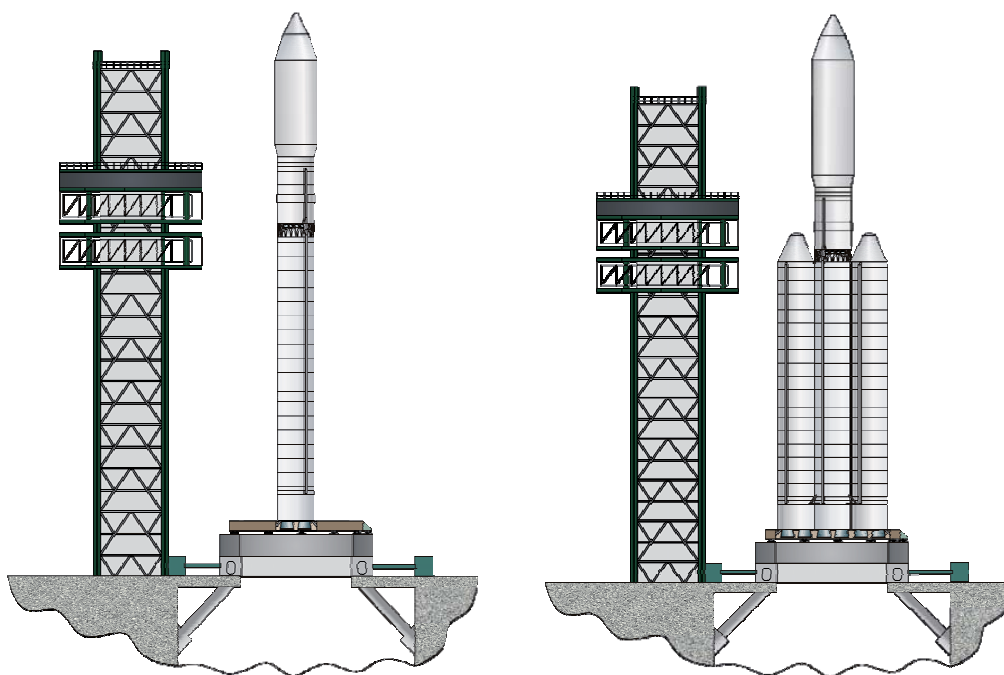


Рис. 10. Размещение РН на универсальном стартовом столе

#### Библиографические ссылки

1. Динеев В. А. Направления развития космических средств выведения / В. А. Динеев, Ю. С. Жердев // Космонавтика и ракетостроение. – 1999 – № 15. – С. 129 – 132.
2. Коптев Ю. Н. Космическая деятельность России до 2005 года / Ю. Н. Коптев, В. В. Алавердов // Фундаментальные и прикладные проблемы космонавтики. – 2001. – № 1. – С. 16 – 23.
3. Облик и основные характеристики ракетно-космического комплекса с РКН «Маяк – 12Ц» и «Маяк – 22Ц»: технический отчет / А. В. Дегтярев, А. П. Кушнарев, А. Э. Кашанов, Н. Г. Литвин. – Днепропетровск: ГП «КБ «Южное»», – 2010. – 392 с.
4. Техничко-экономические показатели создания РКК «Маяк» на острове Маджуро: техническая справка / А. В. Дегтярев, А. П. Кушнарев, А. Э. Кашанов, Н. Г. Литвин. – Днепропетровск: ГП «КБ «Южное»», – 2010. – 101 с.

Надійшла до редколегії 16.06.2012.

УДК 669.295.04

**Е. А. Джур, Т. В. Носова, С. И. Мамчур, А. В. Шульга**

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара*

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КОНВЕРСИОННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ**

**Конструкційні сталі застосовуються у всіх галузях промисловості, в тому числі і в аерокосмічній. Широким апробуванням та впровадженням у промисловість дове-**