

УДК 629.764.3

© Нестеров В.Е.
Nesterov V.**МНОГОРАЗОВАЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА.
ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИЙСКИХ СРЕДСТВ ДОСТУПА
В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО****REUSABLE SPACE ROCKET SYSTEM.
RUSSIAN MEANS OF ACCESS TO SPACE INNOVATIONAL DEVELOPMENT**

Аннотация. Представлен анализ тенденций, определяющих современные требования к перспективным транспортным системам. Обоснованы главные принципы, закладываемые в проект перспективной многоразовой ракетно-космической системы (МРКС), сформулированы особенности применения маршевых жидкостных ракетных двигателей в составе первой ступени МРКС.

Annotation. The tendencies substantiating requirements to the advanced space transport systems are analyzed. The papers formulates main principals for the project of advanced Reusable Space Rocket System (RSRS) and considers the questions of liquid rocket main engines application on the RSRS first stage.

Ключевые слова. Многоразовая ракетно-космическая система, многоразовая ракета космического назначения, возвращаемый ракетный блок, жидкостный ракетный двигатель, ракетное топливо.

Key words. Reusable space rocket system, reusable space rocket launcher, reusable rocket booster, liquid fuel rocket engine, rocket fuel.

Исследование дальнейших путей развития отечественного ракетостроения является одним из важнейших факторов модернизации всей ракетно-космической отрасли. Наряду с научно-исследовательскими институтами отрасли ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, как одно из головных предприятий космического ракетостроения страны, постоянно ведёт системные и проектные исследования путей совершенствования ракетно-космических комплексов [1-3]. Одним из таких научных направлений являются исследовательские работы по созданию многоразового ракетно-космического комплекса, обоснованию его рационального облика. По результатам таких работ в 90-е годы был предложен проект многоразового ракетного ускорителя для семейства ракет-носителей (РН) «Ангара». Продолжением исследований в этом направлении является проект многоразовой ракетно-космической системы (МРКС) с многоразовым возвращаемым ракетным блоком (ВРБ) первой ступени с высоким аэродинамическим качеством [1].

МРКС состоит из многоразовой ракеты космического назначения (МРКН) и наземного комплекса. МРКН

выполнена по пакетной двухступенчатой схеме. Двигательные установки обеих ступеней работают со старта.

МРКН рассматривается как многоцелевое средство выведения для решения задач доставки на околоземные орбиты автоматических космических аппаратов различного назначения, грузовых пилотируемых кораблей по программам освоения околоземного космического пространства, исследования Луны, Марса и других планет Солнечной системы.

Суть проведённых исследований состоит в поиске оптимальных соотношений между энергетическими характеристиками ВРБ и блока выведения (БВ) второй ступени. При этом необходимо было учесть те проблемы, с которыми столкнулись разработчики системы Space Shuttle и ОК «Буран», а именно оптимизировать траекторию выведения МРКН таким образом, чтобы избежать чрезмерного теплового нагружения конструкции на возвратном участке полёта ВРБ. Эти задачи удалось решить. В результате была выбрана и предложена концепция построения ракеты-носителя в целом и ракетных блоков первой и второй ступеней – ВРБ и БВ соответственно (рис. 1).

Нестеров Владимир Евгеньевич – кандидат технических наук, генеральный директор, ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», тел. 8-499-749-98-07.

Nesterov Vladimir – the candidate of technical sciences, the General Director, f Khrunichev State Research and Production Space Center, tel. 8-499-749-98-07.

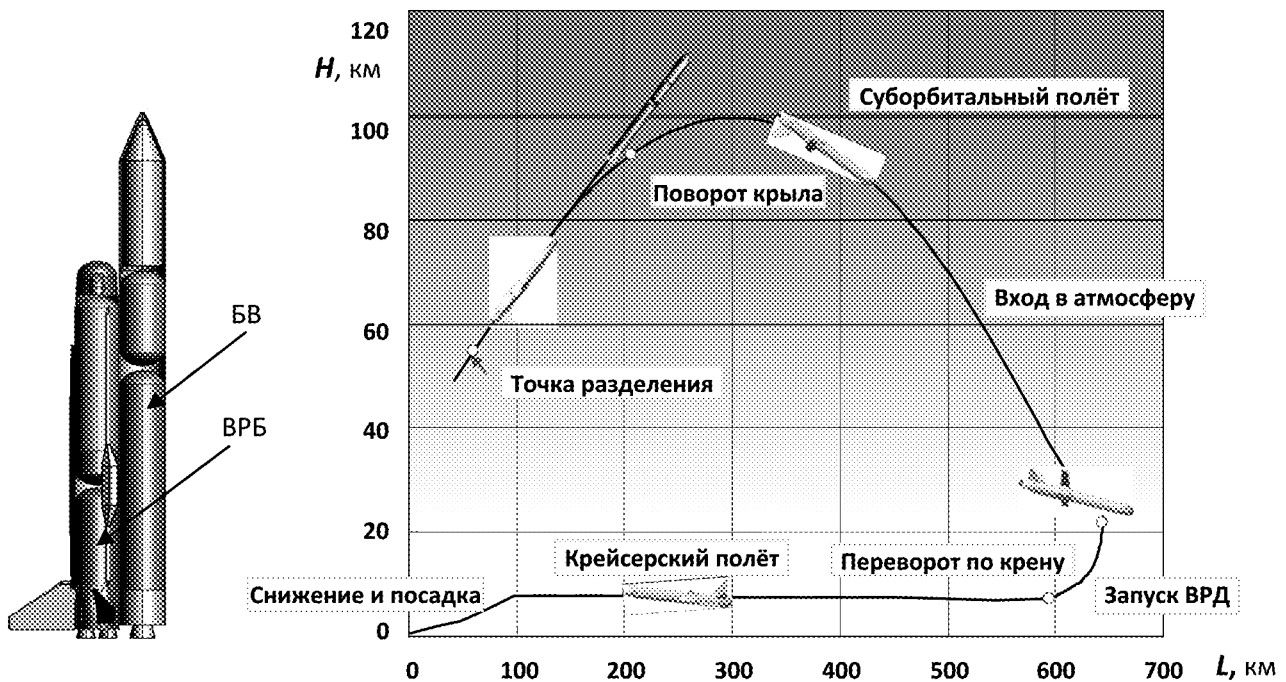


Рис. 1. Принципиальный состав многоразовой ракеты космического назначения и схема полёта

Энергетические возможности МРКН должны обеспечить выведение на опорную орбиту полезных грузов массой от 20 до 60 тонн, то есть предусматривается возможность создания модификаций МРКН, обеспечивающих выведение на опорную орбиту полезных грузов в широком диапазоне масс.

МРКН не требуются зоны отчуждения для падения отделяющихся первых ступеней. Данное обстоятельство является важным для России, имеющей континентальное расположение космодромов.

ВРБ оснащён маршевой двигательной установкой, состоящей из четырёх жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). ЖРД работают на компонентах топлива «метан + кислород» и имеют земную тягу 200 тс с возможностью её форсирования до 266 тс (133%). Двигатели оснащаются эффективной системой аварийной защиты. При отказе одного из двигателей это позволит:

- обеспечить увод МРКН от стартовых сооружений;
- выполнить программу полёта с тремя форсированными по тяге двигателями;
- обеспечить доставку полезного груза на орбиту;
- осуществить возвращение ВРБ на аэродром посадки.

В зависимости от модификации МРКН в её составе используются один или два ВРБ.

Вторая ступень МРКН – одноразовая. В зависимости от комплектации она может состоять из одного, двух или трёх унифицированных ракетных блоков с кислородно-водородными ЖРД РД0120, созданными КБХА (г. Воронеж) для использования в программе «Энергия-Буран». Ракетные блоки поставляются на кос-

модром в максимальной заводской готовности. Предусмотрена возможность установки на второй ступени тех же метановых двигателей, что и в составе ВРБ. В этом случае используются многоразовые двигатели, ранее работавшие свой ресурс до последнего применения в составе ВРБ.

Возвратный полёт ВРБ обеспечивается в результате пространственного аэродинамического манёвра, имеющего два характерных участка:

- интенсивное торможение с одновременным разворотом вектора скорости по направлению к месту старта за счёт боковой аэродинамической силы, создаваемой при больших значениях скоростного угла крена;
- полёт по направлению к месту старта с использованием тяги воздушно-реактивных двигателей (крейсерский участок), что позволяет исключить дополнительные аэродромы посадки.

Наземный комплекс МРКС, в отличие от наземных комплексов одноразовых РН, дополнительно включает в себя посадочный комплекс и наземную инфраструктуру в обеспечение межполётного обслуживания ВРБ, а также средства управления и измерений, дооборудованные для работы с многоразовым ускорителем на этапе подготовки к пуску, на участке возвратного полёта и в период межполётного обслуживания. Наличие в составе посадочного комплекса автоматизированной системы сбора, обработки, анализа в процессе полёта и выдачи информации по результатам полёта ВРБ существенно сокращает сроки подготовки изделия к следующему пуску.

Опыт эксплуатации многоразовых кораблей типа

Space Shuttle показал, что основными составляющими стоимости пуска являются затраты на межполётное обслуживание теплозащиты корабля и маршевых ЖРД. Поэтому для МРКН были найдены такие технические решения, которые позволяют ВРБ входить в плотные слои атмосферы без применения теплозащитного покрытия.

Таким образом, при создании многоразовой первой ступени МРКН внедряется целый ряд инноваций:

- отсутствие внешней теплозащиты за счёт незначительного локального «теплого» усиления конструкции и выбора траекторных ограничений на активном участке и при разделении ступеней;
- «горячее» резервирование маршевых ЖРД ВРБ;
- возможность форсирования по тяге маршевых ЖРД ВРБ;

- обеспечение минимизации сроков проведения и объёма межполётного обслуживания маршевых ЖРД за счёт конструктивной схемы ЖРД и использования метана в качестве горючего;

- проведение межполётного обслуживания исходя из фактического состояния ВРБ.

При формировании технического облика МРКН рассмотрено множество вариантов многоразового ускорителя, различающихся геометрическими параметрами, аэродинамической схемой, типом и объёмами компонентов ракетного топлива, характеристиками маршевых ЖРД и другими параметрами (рис. 2, 3, 4).

Для дальнейшего анализа количество вариантов ВРБ существенно сокращено.

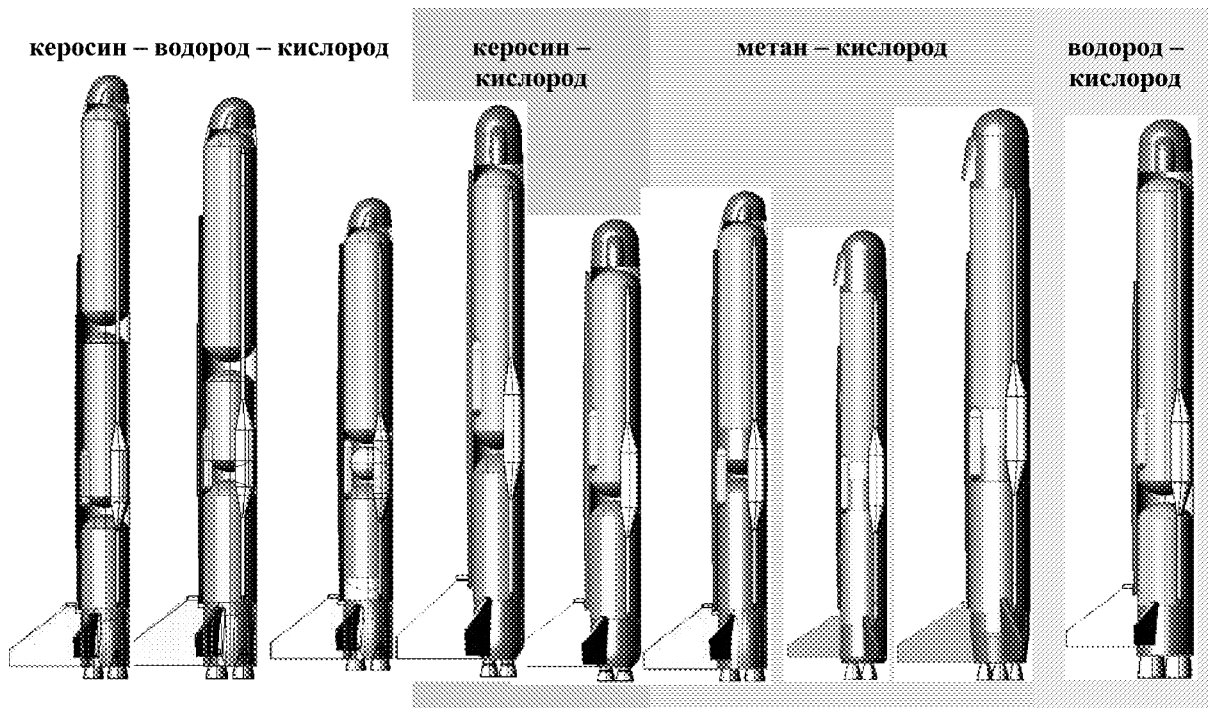


Рис. 2. Основные рассмотренные варианты ВРБ, различающиеся размерностью и компонентами ракетного топлива

Этап формирования технического облика		Этап аванпроекта	
	1 ступень	2 ступень	
Керосин + жидкий O ₂			
Керосин + жидкий H ₂ + жидкий O ₂			
Жидкий CH ₄ + жидкий O ₂			
Жидкий H ₂ + жидкий O ₂			

Рис. 3. Анализируемые варианты компонентов ракетного топлива

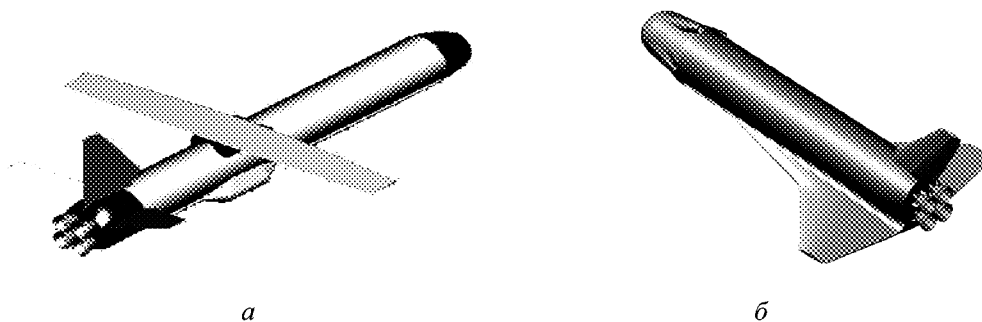


Рис. 4. Варианты аэродинамической схемы ВРБ:
а – с прямым поворотным крылом; б – с трапециевидным крылом

Были разработаны предложения по семейству многоразовых РН грузоподъемностью от 20 до 60 тонн (рис. 5). Частично многоразовые РН создаются из ми-

- кратность использования ЖРД должна быть доведена до 25;
- тяга земная единичного двигателя должна быть

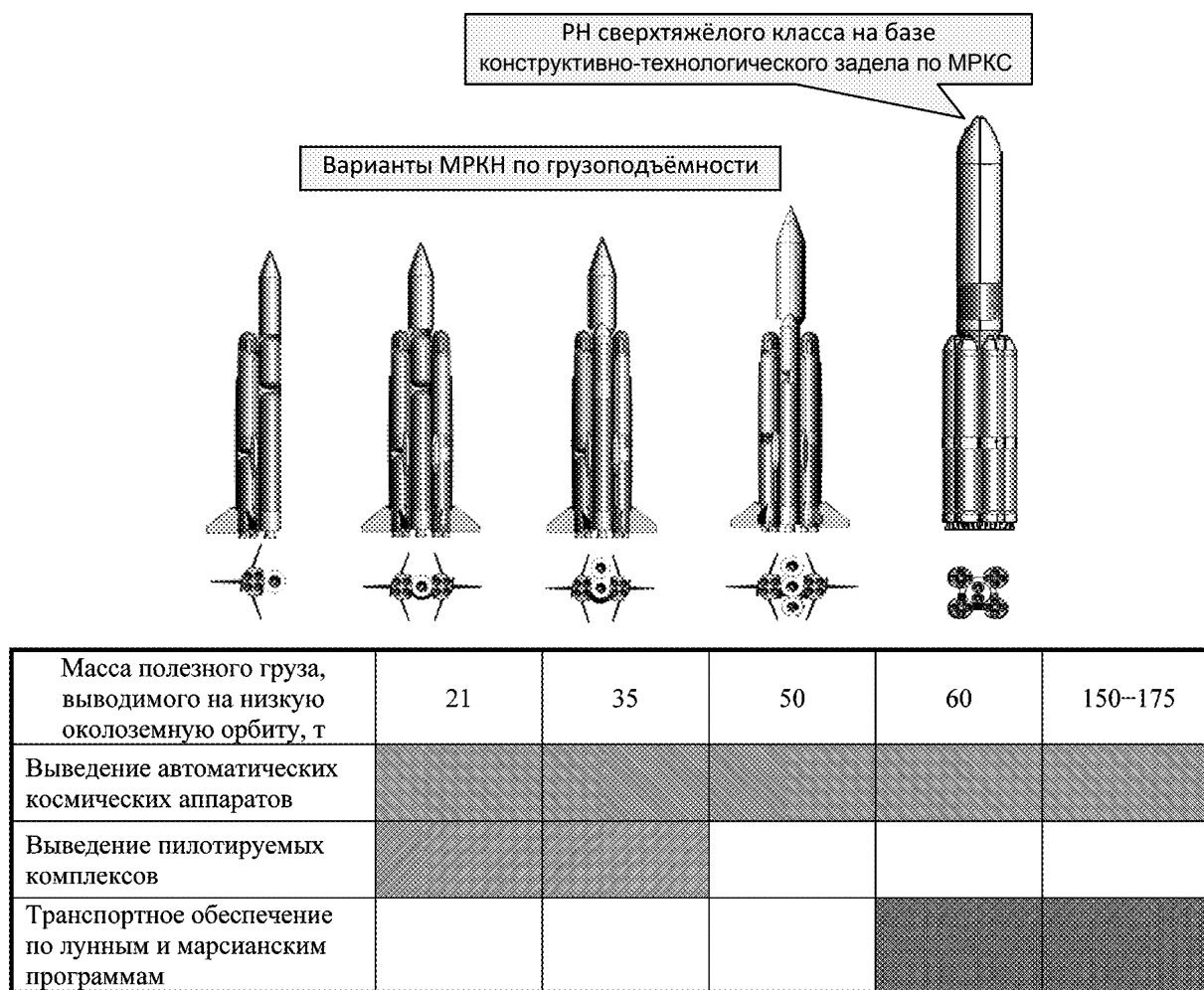


Рис. 5. Семейство многоразовых РН в составе МРКС.
Применение МРКС при решении инновационных задач

нимального количества унифицированных элементов и эксплуатируются с единого наземного комплекса.

Для обеспечения экономической эффективности и безопасности применения МРКС сформулированы базовые требования к маршевым ЖРД многоразовой первой ступени:

- возможность форсирования тяги двигателя – до значений 130-135%;
- наличие в составе ЖРД системы аварийной защиты – возможность отключения двигателя без разрушений взрывного характера с вероятностью не менее 0,9;

- схема ЖРД должна обеспечивать максимальную безопасность при возникновении аварийных ситуаций;
- схема и компоновка ЖРД должны обеспечивать простоту и удобство межполётного обслуживания и ремонтпригодность;
- используемые компоненты топлива должны обеспечивать минимальные время и стоимость межполётного обслуживания и безопасность применения.

На настоящий момент разработчики МРКС отдают предпочтение метану как горючему для ЖРД ВРБ. Метан является экологически чистым компонентом ракетного топлива, обеспечивает высокие энергетические характеристики, лёгкость очистки топливных трубопроводов и полостей ЖРД после очередного полёта, обладает высокими охлаждающими качествами, достаточно дешёв и доступен.

Проектно-экспериментальные работы по метановым двигателям проводятся ведущими российскими КБ на протяжении ряда последних лет. В ближайшие годы в КБХА предполагается начало стендовых испытаний многоразового метанового двигателя-демонстратора.

В процессе проведённых исследований были определены ключевые технические решения и технологии конструкции ВРБ, которые необходимо реализовать при создании многоразового носителя и лётно-экспериментального комплекса МРКС (таблица).

Ключевые технические решения и технологии в конструкции ВРБ

Технологии
<ul style="list-style-type: none"> • Технология применения и эксплуатации новых конструкционных материалов в конструкции ВРБ; • технология межполётного обслуживания ВРБ по техническому состоянию на основании данных системы контроля технического состояния, в том числе технология обслуживания конструкции и агрегатов планера, РСУ, ВРДУ, СУ, других систем и приводов; • технология межполётного обслуживания многоразового ЖРД по техническому состоянию на основании данных системы контроля технического состояния ЖРД
Технические решения
<ul style="list-style-type: none"> • Определение рациональной аэродинамической схемы ВРБ, обеспечивающей устойчивость, управляемость и минимизацию теплового нагружения ВРБ на всех этапах полёта; • разработка и подтверждение эффективности системы аварийной защиты многоразового ЖРД; • подтверждение работоспособности многоразовой конструкции ВРБ при циклическом тепловом и динамическом нагружении; • отработка технических решений и алгоритмов, обеспечивающих автоматический полет и посадку ВРБ, в том числе групповую; • разработка системы безопасности МРКС

Как видно из таблицы, МРКС представляет собой сложную систему, объединяющую авиационные и ракет-

ные технологии. И в авиационной, и в ракетной технике за многие годы эксплуатации разработаны собственные методы наземной и лётной отработки.

Имеются применяемые на практике нормативные документы, регламентирующие проведение частных и комплексных испытаний. Если номенклатура проведения наземных испытаний МРКС полностью соответствует нормативам ракетно-космической отрасли, то лётные испытания ВРБ должны проводиться с учетом нормативов для беспилотных изделий. Такой подход позволит в процессе создания многоразовых крылатых ракетных блоков отработать основные технологии и технические решения в условиях, максимально приближенных к реальным, что существенно повысит надёжность многоразовых средств выведения.

Для экспериментальной отработки составных частей МРКС предусматривается создание лётно-экспериментального комплекса, включающего в себя летающие лаборатории, наземные и лётные демонстраторы. В состав лётных демонстраторов входят масштабируемые аэротермодинамические демонстраторы, а также системный демонстратор. На базе системного лётного демонстратора рассматривается возможность создания многоразовой ракеты-носителя сверхлёгкого класса для выведения на низкую околоземную орбиту (НОО) полезных грузов массой до нескольких сотен килограммов.

Проектные материалы по демонстраторам МРКС представляют значительный интерес для международно-

го сотрудничества и широко используются, в частности, по российско-французской программе «Урал».

Инновации, реализуемые при создании МРКС, направлены на развитие российских средств доступа в космическое пространство и обеспечивают:

- возможность отказа от использования континентальных районов падения отработавших конструкций РН по трассам пусков (одноразовые верхние ступе-

ни МРКН падают в акваторию мирового океана в зону, антиподную точке запуска);

- повышение надёжности и безопасности пусков за счёт резервирования двигательной установки первой ступени и использования в них систем аварийной защиты;
- снижение удельной стоимости выведения космических аппаратов.

Литература

1. Кузин АИ, Лозин СН, Лехов ПА и др. Проектные исследования ГКНПЦ им. М.В. Хруничева по обоснованию многоразовой ракетно-космической системы // *Авиакосмическая техника и технология*, № 1, 2010.
2. Нестеров ВЕ, Кузин АИ, Рачук ВС и др. Особенности применения маршевых ЖРД в составе первой ступени перспективной многоразовой ракетно-космической системы // *Авиакосмическая техника и технология*, № 3, 2010.
3. Нестеров ВЕ, Кузин АИ, Бахвалов Ю.О. Перспективы создания тяжелых и сверхтяжелых ракет-носителей // *Полет*, № 3, 2009.

Материал поступил в редакцию 25. 11. 2011 г.