

УДК: 629.76

А. В. Дегтярев, М. А. Дегтярев

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

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В МЕЖДУНАРОДНОЙ КООПЕРАЦИИ

Приведены результаты анализа методологии проектирования и разработки ракетно-космических комплексов в международной кооперации. Показано, что реализация комплексом новой целевой функции — обеспечение коммерческих запусков космических аппаратов — требует расширения функциональных возможностей ракетно-космических комплексов и, как следствие, связана с определенными изменениями в способах организации и последовательности проведения проектных работ. Отмечены особенности решения внешней и внутренней задач, связанных с выбором характеристик и технической разработкой комплекса. Показано, что результаты решения внешней задачи в значительной мере влияют на решение внутренней. Изложены особенности выбора потребительских характеристик ракетно-космических комплексов, определяющих его конкурентоспособность. Отмечено, что проектирование и разработка комплекса рассматриваемого типа связаны с необходимостью определенной модернизации существующего методического обеспечения.

Ключевые слова: ракетно-космический комплекс, международная кооперация, коммерческие пуски, внутренняя и внешняя задачи проектирования.

Одним из основных направлений ракетно-космической деятельности Украины является создание ракетно-космических комплексов (РКК) в международной кооперации, что позволяет уменьшить бюджетную нагрузку на отрасль, обеспечить дополнительное финансирование отрасли за счет привлечения иностранных инвестиций, уменьшить зависимость отрасли от традиционных партнеров, объединить прогрессивные технологии и методы организации работ участвующих сторон для создания РКК с более высокими характеристиками, а также получить дополнительные ресурсы за счет коммерческого использования созданных РКК на мировом рынке пусковых услуг [1].

Проектирование и разработка таких РКК отличается от традиционной задачи, когда комп-

лекс создается в одном государстве при единой государственной политике в области создания ракетных транспортных систем, утвержденной государственной программе запусков космических аппаратов, наличии государственного заказчика, сложившейся кооперации организаций и предприятий, достаточных объемах бюджетного финансирования и собственном космодроме.

При создании РКК в международной кооперации политику в области создания комплексов коммерческого назначения формирует Государственное космическое агентство Украины совместно с ведущими организациями отрасли с учетом отсутствия государственного заказчика, интересов компаний других государств, конъюнктуры рынка пусковых услуг, отсутствия отечественного космодрома, а также финансирования участниками разработки комплекса на паевой основе.

© А. В. ДЕГТЯРЕВ, М. А. ДЕГТЯРЕВ, 2015

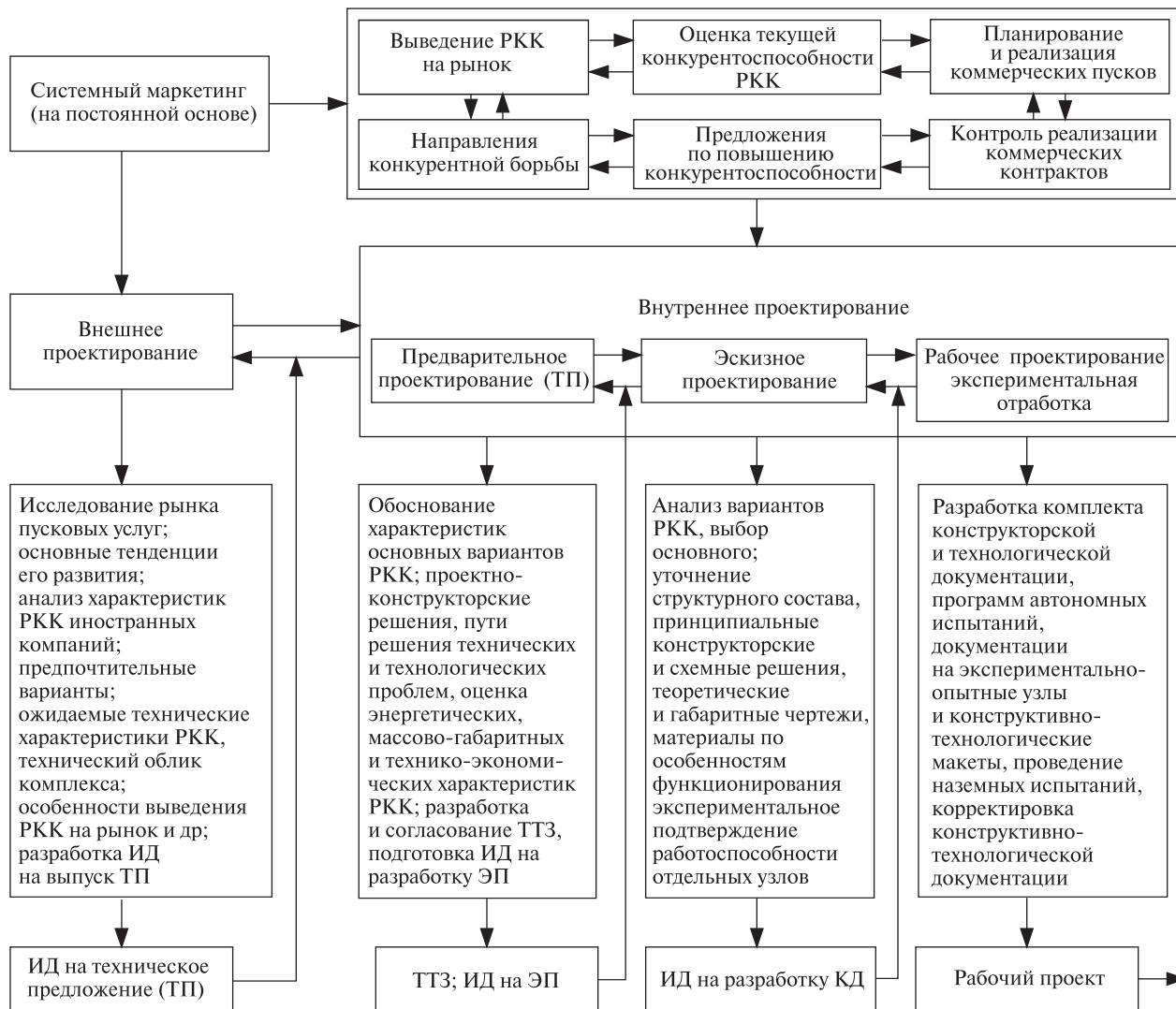


Рис. 1. Укрупненная блок-схема проектирования и технической разработки ракетно-космических комплексов в международной кооперации

Перечисленные отличия носят принципиальный характер и требуют изменения сложившейся методологии проектирования и разработки РКК в части способов и методов организации решения задач проектирования РКК в целом и его составных элементов (рис. 1).

ОТЛИЧИЯ В ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

При традиционном подходе критерием оптимальности основного элемента РКК — раке-

ты-носителя — в большинстве случаев служит максимальная полезная нагрузка, выводимая на опорную орбиту, а задача выбора проектных параметров сводится к выбору распределения топлива по ступеням РН, тяг маршевых двигателей, степеней расширения сопел двигателей, оптимизации весов «сухой» конструкции РН, параметров пусковой установки, проектно-баллистических параметров и других при обеспечении полетной надежности, заданной в технико-технологическом задании (ТТЗ). Оценка стои-

мостных характеристик комплекса и стоимости запусков космических аппаратов при этом стоит не на первом месте.

При проектировании и разработке РКК рассматриваемого типа основной задачей является реализация комплексом новой целевой функции: обеспечение коммерческих запусков космических аппаратов в условиях конкуренции на мировом рынке пусковых услуг. Реализация этой функции требует расширения функциональных возможностей комплекса и, как следствие, изменений способов организации и последовательности проведения проектных работ. Это требует решения соответствующих внешней и внутренней задач, связанных с выбором потребительских характеристик РКК, обеспечивающих его конкурентоспособность на мировом рынке на планируемый период, и технической разработкой комплекса. Отличительной особенностью решения указанных задач является проведение разработки РКК совместно с компаниями других стран при финансировании работ на паевой основе.

ВНЕШНЯЯ ЗАДАЧА

Внешняя задача является одной из наиболее сложных комплексных задач, от решения которой во многом зависят не только успех в проектировании и разработке комплекса, но и результаты коммерческой эксплуатации РКК. На практике внешняя задача подразделяется на ряд составляющих задач. К их числу следует отнести:

- маркетинг мирового рынка пусковых услуг, определение перечня и уровней значений характеристик РКК компаний-конкурентов, успешно функционирующих на рынке; определение тенденций изменения конъюнктурных характеристик комплексов компаний-конкурентов;
- оценку спроса и предложений на мировом рынке по коммерческим запускам космических аппаратов на планируемый период с учетом их типа, массы, габаритов и орбит назначения;
- выбор иностранных компаний и организаций для совместной разработки РКК;
- оценку возможностей обеспечения (превышения) конъюнктурных характеристик РКК компаний-конкурентов с учетом технологичес-

ких возможностей, экспериментальной и промышленной баз участников разработки РКК; обоснование и выбор перечня искомым характеристик РКК;

- предварительный выбор варианта структуры РКК, в том числе с использованием в качестве его элементов ранее созданных высокоэффективных систем отечественного и зарубежного производства; выбор космодрома;
- комплексный выбор приоритетных вариантов РКК с использованием результатов маркетинга и результатов решения многокритериальных задач.

ПОДГОТОВКА ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ, ДОГОВОРОВ И ПРОТОКОЛОВ

Решение внешней и частично внутренней задач может сопровождаться подготовкой и согласованием:

- рамочного соглашения между правительствами о сотрудничестве и исследовании космического пространства в мирных целях;
- межгосударственного договора между Украиной и страной-участницей проекта о долгосрочном сотрудничестве в сфере космических исследований;
- межправительственного соглашения по совместному проектированию и разработке ракетно-космического комплекса и защите технологий;
- протокола согласования участниками международной кооперации объемов работ, областей взаимодействия и ответственности за проектно-конструкторские решения;
- соглашения между участниками проекта об объемах финансирования каждой стороны, распределении финансовых средств, а также о финансовом обязательстве по возмещению возможного ущерба, связанного с нештатными ситуациями;
- протоколов об обеспечении патентной чистоты и выполнении международных соглашений в области патентного права и интеллектуальной собственности, а также мероприятий, обеспечивающих минимальный ущерб окружающей среде и безопасность по трассам полета и в районах падения ступеней;

- протоколов о проведении мероприятий по сохранению коммерческой тайны и разработке соответствующих процедур по защите данных и ноу-хау.

Решение внешней задачи предусматривает также разработку новых технологий проведения предконтрактных работ, разработку бизнес-планов, анализ на предмет соответствия заданным требованиям контрактов, планируемых для выполнения иностранными партнерами, а также решение вопросов экспортного контроля и таможенного сопровождения.

МАРКЕТИНГ И МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Маркетинговые исследования проводятся как с использованием данных средств массовой информации, так и данных, полученных в результате международного сотрудничества с иностранными организациями и компаниями. Исследования проводятся с учетом наличия организованной на двух- и многосторонней основе международной системы создания и реализации ракетно-космических проектов на мировом рынке пусковых услуг, избытка предложений по пусковым услугам, конкуренции со стороны России, имеющей определенные преимущества в создании ракетно-космической техники, а также с учетом международных ограничений на прямое или косвенное сотрудничество, приобретение технологий и оказание ракетно-космических услуг для третьих стран.

Использование данных, полученных в процессе международного сотрудничества, оказывает во многих случаях решающее влияние на процесс выбора структуры и характеристик РКК. В этой связи проведению международного сотрудничества уделяется значительное внимание. Например, ГП «КБ «Южное» сотрудничает с 209 компаниями и организациями различных регионов мира:

- американским регионом, в том числе с Бразилией, Колумбией, США, Канадой (всего с 44 компаниями и организациями);
- европейским регионом, в том числе с Германией, Францией, Македонией, Швейцарией, Великобританией, Ирландией, Испанией, Италией,

Бельгией, Грецией, Чехией, Португалией, Швецией (всего с 56 компаниями и организациями);

- азиатско-тихоокеанским регионом, в том числе с КНР, Кореей, Индонезией, Японией, Малайзией, Австралией, Сингапуром, (всего с 34 компаниями и организациями);

- странами Ближнего Востока, СНГ, Африки, в том числе с ЮАР, Турцией, Израилем, Республиками Казахстан, Беларусь, Азербайджан, ОАЭ, Российской Федерацией (всего с 75 компаниями и организациями).

ГП «КБ «Южное» активно сотрудничает также с известными национальными космическими агентствами и космическими центрами, играющими ведущую роль в формировании и реализации мировой космической политики, в том числе с Европейским космическим агентством (ЕКА), Национальной администрацией авиации и космоса США (NASA), Национальной комиссией по космической деятельности Аргентинской Республики (CONAE) и другими.

Значительное внимание уделяется международным аэрокосмическим организациям, таким как Международная академия астронавтики (IAA), Международная астронавтическая федерация (IAF) и другим.

ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОММЕРЧЕСКИХ РКК

Под потребительскими характеристиками комплекса понимают такие характеристики, которые в значительной степени определяют конкурентоспособность РКК на мировом рынке и учитываются заказчиками пусковых услуг при формировании решения о заключении контракта с тем или иным разработчиком комплекса.

Как показывает опыт создания коммерческих РКК, к таким характеристикам следует отнести:

- *первая (основная) группа* — стоимость выведения одного килограмма полезного груза на орбиту, надежность РКК, способность ракеты-носителя выводить группу КА одним пуском, способность выведения РН групп КА на разные целевые орбиты одним пуском при заданном диапазоне весов, габаритов и орбит для каждой группы, степень унификации адаптера связи «ракета-носитель — КА»;

- *вторая группа* — максимальный вес и габариты полезной нагрузки, выводимой на орбиту, время транспортировки РН к пусковой установке, время подготовки к пуску, способность инфраструктуры наземного комплекса обеспечивать при работах выполнение требований разработчика (изготовителя) КА и другие.

При анализе преимуществ РКК заказчиком учитываются характеристики обеих групп. От их уровня во многом зависит успех в заключении контрактов. В связи с этим выбору и обоснованию характеристик, особенно первой группы, уделяется большое внимание как на стадии проектирования, так и в процессе разработки и создания РКК.

Первая характеристика — стоимость одного килограмма полезной нагрузки, выводимой на орбиту, — является одной из приоритетных при обсуждении преимуществ РК, но она не отражает все стороны конкурентоспособности современных комплексов.

Надежность модернизированного ракетного комплекса по своей значимости в рыночных условиях приравнивается к первой характеристике. Заказчик пусковых услуг, анализируя РКК, особое внимание обращает на степень наземной экспериментальной и летной отработки элементов и РН в целом ракетных блоков, которые вошли в состав проектируемой ракеты-носителя и ранее эксплуатировались в других ракетных системах.

Включение в первую группу способности выведения группы КА на заданную орбиту одним пуском и способности выведения групп КА на разные орбиты одним пуском обусловлено, с одной стороны, устойчивым трендом снижения габаритно-весовых характеристик КА ближнего космоса и наличием на рынке большого количества достаточно мощных ракет-носителей для их запуска со значительным превышением энергетических возможностей для выведения на орбиты единичных КА, с другой — возможностью значительного повышения конкурентоспособности РК при обеспечении групповых запусков КА.

Количественной мерой четвертой характеристики служит группа характеристик, состоящая

из количества КА в группе, габаритно-весовых характеристик каждого КА, параметров орбиты назначения; пятая — группа характеристик, состоящая из количества КА в каждой группе, габаритно-весовых характеристик каждого КА и параметров орбит назначения.

Степень унификации адаптера «ракета-носитель — космический аппарат» определяет возможный диапазон характеристик КА различного назначения при их установке на ракету-носитель при минимальных доработках узлов связи.

ВЫБОР СТРУКТУРЫ И ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ РКК

Одним из первоочередных заданий при решении внешней задачи является выбор структуры разрабатываемого РКК — состава основных систем комплекса и связей между ними. Как правило, выбор структуры проводится с использованием ранее созданных составных элементов отечественной и зарубежной разработки: ступеней ракеты-носителя, двигательных установок, бортовых систем, наземно-технологического оборудования, надежность которых подтверждена предыдущей эксплуатацией. Из-за отсутствия космодрома в число разработчиков РКК должна включаться компания другого государства, берущая на себя обязательство по размещению на своем космодроме (или на своих технических средствах) создаваемого РКК.

Выбор структуры РКК проводится с использованием результатов маркетинга рынка пусковых услуг, спроса и предложений на рынке, емкости и ценовых характеристик рынка, уровня характеристик комплексов зарубежных компаний — конкурентов с учетом надежности и эффективности ранее разработанных ракетных систем и подсистем компаний, заинтересованных в их использовании при совместном создании РКК.

По результатам выбора структуры РКК проводится выбор предпочтительных вариантов комплекса, характеристики которого отвечают запросам рынка на планируемый период. Выбор вариантов проводится поэтапно, с чередованием операций анализа и синтеза.

При анализе РКК исследуется как сложная техническая система путем декомпозиции и

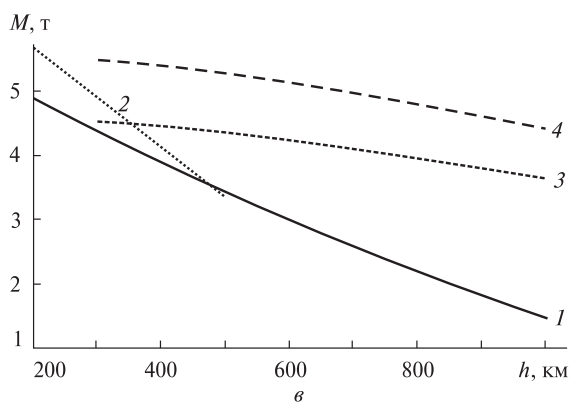
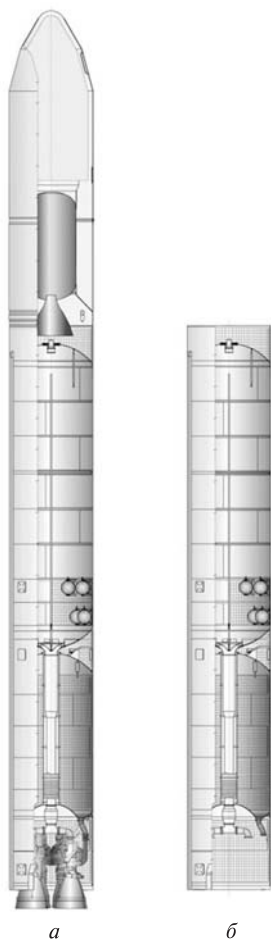


Рис. 2. Ракета-носитель «Антарес» (*а* — ракета, головной разработчик США, *б* — конструкция I ступени, головной разработчик ГП «КБ «Южное», производитель ГП ПО ЮМЗ) и ее энергетические возможности (ϑ) для четырех различных модификаций маршевого твердотопливного двигателя второй ступени типа «Кастор» (M — масса полезного груза, h — высота круговой орбиты при ее наклонении 38°)

изучения отдельных сторон, так и РКК в целом. Декомпозиция проводится, исходя из условия обеспечения минимизации связей между составляющими элементами с учетом особенностей функционирования составляющих систем.

При синтезе определяются структура, основные характеристики РКК и его составляющих, которые бы удовлетворяли предъявляемым к ним требованиям.

ВНУТРЕННЯЯ ЗАДАЧА

Задача технического проектирования и разработки РКК решается с использованием существующей фундаментальной методической базы и применением новых (модернизированных) методов. Разработка и применение последних обуславливается, как правило, необходимостью учета особенностей структуры РКК, его составных элементов и организационно-техническими особенностями международной кооперации.

Внутренняя задача включает в себя задачи различной размерности, решаемые на этапах разработки технических предложений, эскизного проекта, конструкторской документации и экспериментальной отработки.

Методическое обеспечение может содержать как методы решения многомерных задач оптимизации более полной совокупности характеристик, так и методы расчета характеристик и параметров входящих в РКК систем.

Границы между указанными этапами работ устанавливаются, как и при традиционном подходе, таким образом, чтобы сохранить целостность отдельных видов работ и относительную автономность их выполнения. Каждый этап завершается разработкой исходных данных (технических заданий) для проведения работ на последующем этапе.

Решение общей задачи может сопровождаться работами, носящими итерационный характер. Например, если на этапе разработки эскизного проекта выясняется, что на этапе разработки технического предложения (ТП) допущен просчет или проведено недостаточное обоснование одной из основных характеристик комплекса, проводится разработка соответствующего дополнения к ТП. (Следует отметить, что на эта-

пе разработки ТП принимается порядка 70 % основных проектных и проектно-конструкторских решений по комплексу при ограниченных исходных данных. Как следствие, материалы ТП могут содержать скрытые просчеты и недостаточность обоснования некоторых характеристик комплекса. Вследствие этого вопросу углубления технической проработки облика РКК на этапе разработки ТП уделяется серьезное внимание).

Аналогичный подход может применяться и к другим этапам разработки.

Каждая сторона-участница разработки РКК выполняет работы по своим направлениям индивидуально, на основании утвержденных распределения работ и ответственности. По ходу проектирования и разработки комплекса стороны обмениваются промежуточными данными и решениями. Утверждение исходных данных (технических заданий) на разработку каждого этапа также проводится уполномоченным совместным органом.

МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

К настоящему времени создана фундаментальная методическая база для проектирования и разработки ракетно-космических комплексов различного назначения и их составных элементов. Ее использование позволяет решать самые разнообразные и сложные задачи проектирования и разработки РКК.

Правильность и обоснованность методов подтверждена успешным созданием и эксплуатацией нескольких поколений стратегической боевой ракетной техники и ракетно-космических комплексов, предназначенных для мирного исследования и использования космоса. Вместе с тем каждый из вновь разрабатываемых РКК имеет ряд особенностей, связанных как с его структурой, так и с назначением. Их учет требует в ряде случаев как модернизации используемых методик, так и разработки новых. Приведем несколько примеров.

В отличие от традиционного подхода проектирование коммерческих РКК связано с необходимостью решения многокритериальной задачи по выбору предпочтительных вариантов РКК,

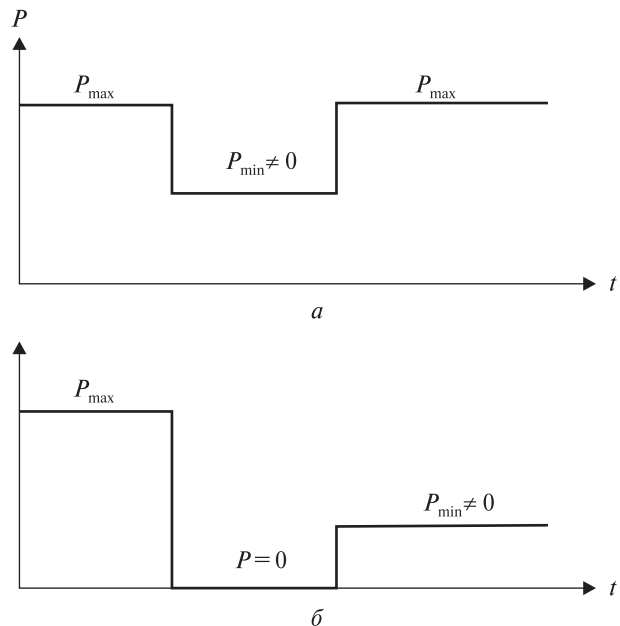


Рис. 3. Оптимальные программы двигателей при движении ракеты-носителя на безатмосферном участке траектории: *a* — классический случай, *б* — для ракеты-носителя рассматриваемого типа

конкурентоспособных на мировом рынке пусковых услуг. Решение этой задачи требует использования обобщенных интегральных критериев, включающих в себя ряд локальных как количественных, так и качественных характеристик РКК преимущественно первой группы, и разработки инженерных методик с использованием методов многокритериальной теории полезности и вербального анализа [3, 6, 7].

Включение в состав ракет-носителей отработанных ракетных блоков (ступеней), прошедших ранее наземную и летную отработку, требует при определении энергетических возможностей РН (рис. 2) учета ряда ограничений, связанных с использованием определенных классов траектории выведения, ограничений на количество участков полета РН с выключенным маршевым двигателем, ограничений на время работы двигателя второй ступени и радиальную составляющую скорости по траектории выведения. Учет этих ограничений требует доработки известных методов определения оптимальных режимов полета ракеты-носителя. Использование модифи-

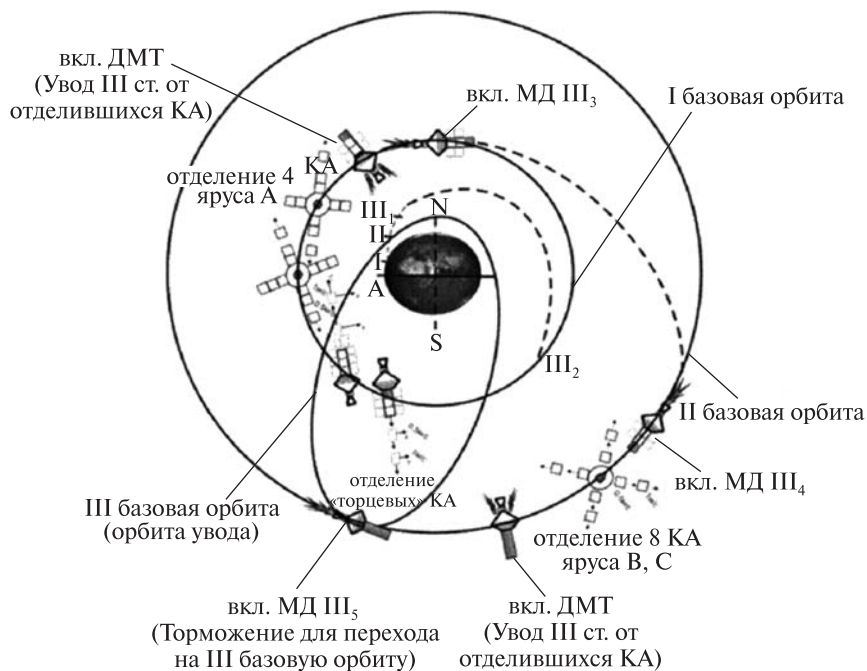


Рис. 4. Типовая схема выведения групп КА на разные орбиты одним пуском РН (МД, ДМТ — маршевый двигатель и двигатель малой тяги)

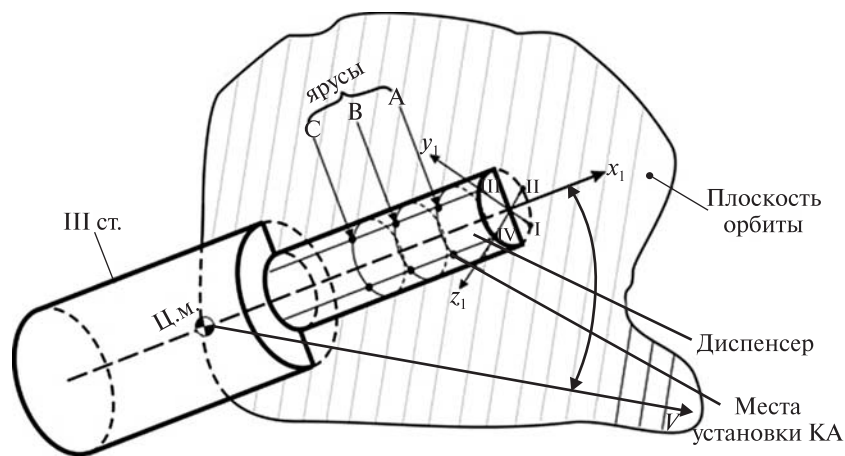


Рис. 5. Типовая трехъярусная схема размещения КА на диспенсере

цированного метода определения этих режимов при учете указанных ограничений [5] приводит к изменению оптимальной программы тяги двигателей РН в сравнении с классическим случаем (рис. 3) и новым правилам определения временных точек переключения тяги двигателя с режима на режим. Использование этих правил

позволяет свести численное решение задачи по определению параметров оптимальной траектории к последовательному решению однопараметрических краевых задач.

Запуск нескольких групп КА на разные орбиты одним пуском РН (рис. 4) требует обеспечения многократного включения двигателя

верхней ступени ракеты-носителя (например, на РН «Циклон-4» предусмотрена возможность пятикратного включения двигателя), последовательного выведения верхней ступени на каждую из орбит назначения, разработки оптимальной конструктивно-компоновочной схемы диспенсера (дозатора) для размещения космических аппаратов (рис. 5), определенной ориентации одной из осей КА в момент их отделения (например, в сторону Солнца, как это требовалось при запуске КА «Иридиум») и другое. Основной задачей при выведении групп КА является определение условий их отделения по скорости и направлению [8], обеспечивающих несоударение и несближение при полете аппаратов на первом витке заданной орбиты и в дальнейшем при их отделении как от торца диспенсера, так и с его боковой поверхности. Выбор основных характеристик системы отделения КА требует разработки специальной методики определения проектно-баллистических параметров при выведении КА на орбиты назначения [4].

Использование морской платформы для запуска РН проводится с учетом параметров движения и нагрузки на ракету-носитель, вызываемых воздействием морской качки, ветра и технологических операций с платформой. В общем случае волнение моря является случайным процессом, который приводит к перемещению стартовой платформы (СП) в продольном, поперечном и вертикальном направлениях, а также к вращению относительно продольной оси (бортовая качка), поперечной оси (килевая качка) и вертикальной оси (рыскание). Точное решение задачи расчета параметров движения и нагрузок на РН при этом требуют учета таких факторов, как упругость элементов конструкции РН, подвижность компонентов в топливных баках ракеты-носителя и других. Учет этих факторов приводит к схеме расчета системы с бесконечным числом степеней свободы, описываемой дифференциальными уравнениями в частных производных. При реальном проектировании для решения задачи вводятся некоторые упрощающие допущения, позволяющие свести общую задачу к задаче с конечным числом степеней свободы, и таким образом получить искомое

решение при приемлемых затратах времени и с достаточной для практических целей точностью. Такой подход позволяет проводить оценку критических нагрузок в корневом сечении РН при проведении ответственных операций, таких как транспортировка РН из ангара, установка ее на стартовую платформу, при стоянке ракеты-носителя, запуске программы стартовой подготовки, заправки РН топливом, отвода установщика от ракеты-носителя и его пуске [2].

Перечень примеров можно продолжить и далее, однако из уже приведенных материалов следует, что модернизация методического обеспечения является необходимой составляющей работ при проектировании и разработке РКК рассматриваемого типа.

Использование предлагаемых методологических подходов и модернизированных методик позволило провести успешную разработку проектной и проектно-расчетной документации при создании известных РКК в международной кооперации.

ВЫВОДЫ

1. Методология проектирования ракетно-космических комплексов в международной кооперации в условиях рыночной экономики отличается от традиционной, когда РКК разрабатывается по государственному заказу в условиях плановой экономики как по способам организации, так и по последовательности проведения проектных работ.

2. Отличия вызваны особенностями разработки РКК, связанными с необходимостью расширения функциональных возможностей комплекса, обеспечения новой целевой функции — проведение коммерческих запусков КА, изменения структуры РКК, учета взаимодействия отечественных предприятий и компаний с компаниями других стран при разработке проектно-конструкторских решений, а также выбора характеристик комплекса, обеспечивающих конкурентоспособность РКК на мировом рынке пусковых услуг.

3. Выбор структуры РКК рассматриваемого типа проводится во многих случаях, исходя из условий максимального использования ранее

созданных участниками проекта ракетных блоков, систем и подсистем, надежность которых подтверждена экспериментальной и натурной отработкой. Пусковая установка РКК разрабатывается совместно с одной или двумя сторонами с размещением, по возможности, в энергетически выгодной точке планеты.

4. К особенностям проведения организационных работ следует отнести подготовку участниками проектов международных соглашений и договоров о долгосрочном сотрудничестве в сфере космических исследований, совместной разработке РКК, защите технологий, объемах финансирования каждой стороной, распределении финансовых средств, а также протоколов согласования объемов работ, областей взаимодействия и ответственности за выполняемые работы.

5. Общая задача проектирования и разработки РКК подразделяется на внешнюю и внутреннюю. Первая является ключевой и содержит ряд составляющих нестандартных задач, решение которых во многом влияет на процесс последующей разработки и эксплуатации комплекса.

6. К числу нестандартных задач относятся системный маркетинг рынка пусковых услуг, выбор и обоснование перечня характеристик РКК, предопределяющих его конкурентоспособность на рынке, определение структуры комплекса и его составляющих, выбор компаний (компаний) для совместной разработки проекта, отбор предпочтительных вариантов РКК, проработка альтернативных вариантов РКК с использованием процедур синтеза и анализа, выбор технического облика комплекса, подготовка исходных данных на разработку технических предложений.

7. В качестве потребительских характеристик РК, определяющих его конкурентоспособность на мировом рынке, используются в основном, стоимость выведения одного килограмма полезного груза на орбиту, надежность РКК, способность выведения РН группы КА на одну орбиту одним пуском РН, способность выведения одним пуском РН групп КА на разные целевые орбиты, диапазон основных характеристик групп КА, габариты отсека полезной нагрузки, степень унификации адаптера связи «ракета-носитель — КА» и другие.

8. Учет особенностей РКК рассматриваемого типа при решении проектных задач обуславливает необходимость модернизации существующего методического обеспечения. Это относится как к задачам выбора потребительских характеристик РКК, так и к баллистическому проектированию ракет-носителей, выбору оптимальных проектных параметров РН, определению основных характеристик и параметров систем наземного (морского) обеспечения и другим задачам.

Приведенные методологические аспекты и модернизированные методики внедрены на ГП «КБ «Южное» в практику проектирования РКК рассматриваемого типа. Их использование содействовало успешной разработке проектной, проектно-расчетной и проектно-конструкторской документации при создании известных комплексов «Морской старт», «Наземный старт», американско-украинской ракеты «Антарес», а также при разработке проекта украинско-бразильского РКК «Алкантара-Циклон-Спейс».

1. Дегтярев А. В. Научные и методологические основы модернизации ракетных комплексов: Дис. ... д-ра техн. наук. — Днепропетровск: КБ «Южное», 2012. — 245 с. — Машинопись.
2. Дегтярев А. В., Василенко А. А. Определение нагрузок в опорном сечении РН при стоянке на пусковом столе морской стартовой платформы в условиях действия ветра и качки // Системне проектування та аналіз характеристик аерокосмічної техніки: Зб. наук. праць. — Дніпропетровськ: ДНУ ім. О. Гончара, 2011. — Т. 11. — С. 16—28.
3. Дегтярев А. В., Кашанов А. Э., Сюткина С. В. К выбору приоритетных вариантов модернизации ракетно-космических комплексов // Техническая механика. — 2012. — Вып. 2. — С. 94—105.
4. Дегтярев А. В., Шентун А. Д. Проектно-баллистические решения по групповым запускам космических аппаратов в район нескольких базовых орбит // Космич. техн. Ракет. вооружение: Сб. науч.-техн. ст. — 2011. — Вып. 2. — С. 37—51.
5. Дегтярев А. В., Шеховцов В. С. Оценка энергетических характеристик ракет-носителей при однократном и двукратном включении двигателя дополнительной ступени // Системи озброєння і військова техніка. — 2011. — № 2 (26). — С. 42—48.
6. Кини Р. Л., Ройфа Х. Принятие решения при многих критериях предпочтения и замещения / Пер. с англ. под ред. И. Ф. Шахнова. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.

7. Ларичев О. И. Вербальный анализ решений. — М.: Наука, 2006. — 181 с.
8. Эльясберг П. Э. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. — М.: Наука, 1965. — 540 с.

Стаття надійшла до редакції 21.07.15

О. В. Дегтярев, М. О. Дегтярев

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

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРОБКИ РАКЕТНО-КОСМІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ У МІЖНАРОДНІЙ КООПЕРАЦІЇ

Наведено результати аналізу методології проектування і розробки РКК у міжнародній кооперації. Показано, що реалізація комплексом нової цільової функції — забезпечення комерційних запусків КА — вимагає розширення функціональних можливостей РКК і, як наслідок, пов'язана з певними змінами в способах організації і послідовності проведення проектних робіт. Відмічено особливості вирішення зовнішньої і внутрішньої задач, пов'язаних з вибором характеристик і технічною розробкою комплексу. Показано, що результати рішення зовнішньої задачі значною мірою впливають на вирішення внутрішньої. Викладені особливості вибору споживчих характеристик РКК, що визначають його конкурентоспроможність. Показано, що проектування і розробка комплексу даного типу пов'язані з необхідністю певної модернізації методичного забезпечення.

Ключові слова: ракетно-космічний комплекс, міжнародна кооперація, комерційні пуски, внутрішня і зовнішня задачі проектування.

A. V. Degtyarov, M. A. Degtyarov

Yuzhnoye State Design Office,
Dnipropetrovsk

METHODOLOGICAL ASPECTS OF DESIGN AND DEVELOPMENT OF SPACE LAUNCH SYSTEMS UNDER INTERNATIONAL COOPERATION

Dwell on analysis of space launch systems (SLS) designs and development techniques under international cooperation is given. It is shown that the realization of its new objective, namely, commercial launches of the spacecraft, will require enhancement of SLS capabilities and, consequently, entail certain changes in both, ways of organization of design work and procedure of its implementation. Features of solution are mentioned for outer and inner problems related to the selection of characteristics and engineering development of the SLS. It is shown that solution of the outer problem has a significant impact on the solution of the inner problem. Selection specifics of SLS consumer characteristics, which determine its competitiveness, are stated. It is noted that design and development of the considered system entails a specific upgrading of the existing techniques.

Key words: Space Launch System, International cooperation, commercial launches, internal and external designing tasks.