

Эволюция и перспективы развития подходов к созданию наземных комплексов ракет космического назначения

© В.А. Игрицкий

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Российская Федерация

Рассмотрена эволюция подходов к созданию комплексов ракетно-космической техники в части их наземных комплексов с последующим анализом основных преимуществ и недостатков этих подходов. Предложено внедрение унифицированных стартовых комплексов, изначально приспособленных к упрощенной доработке для подготовки и запуска различных ракет космического назначения определенного класса грузоподъемности, в том числе разных производителей. При таком подходе, когда соблюдаются и соответствующие требования при проектировании, возможно снижение затрат на выполнение государственной космической программы в целом благодаря сокращению расходов на консервацию или рекультивацию недействующих стартовых комплексов, а также обеспечение упрощенного перехода на средства выведения нового поколения. Обоснована необходимость учета требований по созданию в составе комплексов ракетно-космической техники туристической инфраструктуры для нужд профильного образования, научно-просветительской и воспитательной работы. Для упрощения коммерциализации космической деятельности предложено рассмотреть возможность образования технопарков при унифицированных технических комплексах космодромов.

Ключевые слова: универсальный стартовый комплекс, унифицированный стартовый комплекс, унифицированный технический комплекс, космический ракетный комплекс, ракетно-космический комплекс, наземный комплекс ракеты космического назначения, космический туризм, технопарк космодрома

Принятые сокращения

БР — баллистическая ракета	РКН — ракета космического назначения
ГКЦ — Гвианский космический центр	РКТ — ракетно-космическая техника
КА — космический аппарат	РН — ракета-носитель
КГЧ — космическая головная часть	СК — стартовый комплекс
КЗ — комплекс запуска	СЛК — сверхлегкий класс
КК — космический комплекс	СПГ — сжиженный природный газ
КРК — космический ракетный комплекс	СТК — сверхтяжелый класс
КРКТ — комплекс ракетно-космической техники	ТК — технический комплекс
НК — наземный комплекс	УНСК — унифицированный стартовый комплекс
НКИ — наземная космическая инфраструктура	УНТК — унифицированный технический комплекс
ОК — орбитальный корабль	УРКТС — универсальная ракетно-космическая транспортная система
РКК — ракетно-космический комплекс	УСК — универсальный стартовый комплекс

Введение. С момента начала космической эры существенную эволюцию претерпели подходы к созданию космических комплексов (КК), в том числе и в области создания объектов наземной космической инфраструктуры (НКИ), а также терминология, связанная с их созданием. При этом стремительность развития ракетно-космической техники (РКТ) и быстро сменяющиеся друг друга концепции ее создания породили неоднозначность применяемой терминологии. Поэтому в рамках данной статьи будем употреблять термин «комплекс РКТ» (КРКТ), понимая под этим комплексы различных средств выведения и космических аппаратов (КА), включающие объекты НКИ, которые обеспечивают транспортировку, хранение и подготовку к пуску соответствующих средств выведения и КА.

На современном этапе развития науки и техники актуален поиск путей сокращения стоимости запуска КА, в которой существенную долю занимают затраты на создание и эксплуатацию НКИ. Один из основных путей снижения этих расходов — рационализация процесса создания и унификации элементов наземных комплексов (НК) ракет космического назначения (РКН), обеспечивающих запуски таких КА. В разное время предлагались и применялись разные подходы к решению этих вопросов. В настоящее время актуальным становится создание КРКТ, универсализация которых может охватывать ракеты-носители (РН) разных семейств и разных производителей, как в случае РН семейств «Зенит» и «Союз-5» [1].

Цель работы — рассмотрение в исторической перспективе эволюции подходов к созданию КРКТ в части создания наземных комплексов РКН с выработкой предложений по совершенствованию подходов к созданию перспективных стартовых комплексов (СК) и технических комплексов (ТК) КРКТ.

Вопросы, связанные с комплексами средств управления РКТ, в которых существуют сложности [2], аналогичные рассматриваемым в данной статье применительно к прочим частям НКИ, вследствие ограниченного объема в данной работе подробно рассматриваться не будут.

Часть подходов, приведенных в статье, ранее кратко были изложены автором в докладе [3].

Анализ подходов к разработке КК начала космической эры на базе баллистических ракет военного назначения. Применяя современную терминологию, можно констатировать, что первые КРКТ 1950–1960-х годов создавались путем модификации баллистических ракет (БР) военного назначения под запуск конкретных КА. Это было связано со стремлением использовать уже имеющиеся наработки, а позднее, — и с возможностью задействовать при запусках КА на орбиту ракеты, которые были сняты с боевого дежурства или предназначались для длительного хранения [4]. В последнем случае НК РКН, как правило, создавали путем модификации уже имевшейся испытательной

инфраструктуры соответствующего ракетного комплекса. При разработке КРКТ его центральным элементом был КА, являвшийся часто единственным вновь создаваемым элементом комплекса, под задачу запуска которого модифицировались все остальные элементы системы. Это выражалось, например, в том, что термином «космическая ракета», введенным не позднее 1927 г. [5], в начале космической эры называли КА для исследования Луны и дальнего космоса вместе со всей РКН, остальные части которой считались подчиненными КА [6]. Видимо, по той же причине вплоть до 1980-х годов РН получали свои общеизвестные наименования по названиям первых выведенных ими КА. Именно так получили названия «Спутник», «Восток», «Молния», «Протон», а РН 63С1 в период ее эксплуатации так и осталась без общеизвестного наименования. Данный подход к созданию комплексов РКТ, структура которых показана на рис. 1, отражен в термине «космический комплекс» (ГОСТ Р 53802–2010).

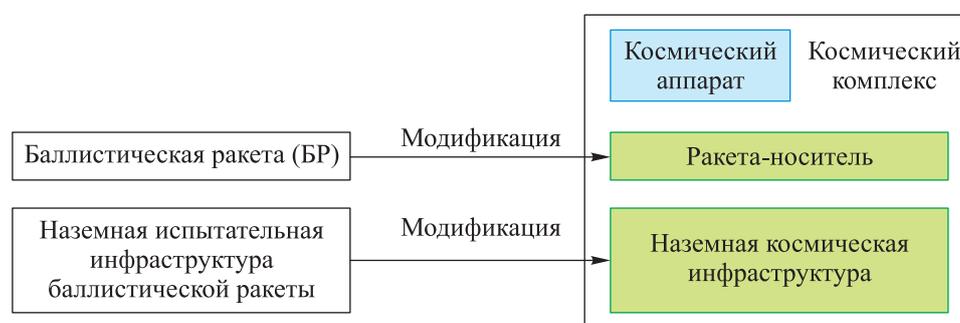


Рис. 1. Схема подхода к созданию КРКТ времен начала космической эры с употреблением современной терминологии

Характерной особенностью комплексов БР и созданных на их основе КРКТ до начала 1970-х годов можно считать то, что каждый раз при создании новой БР, не являвшейся модификацией ранее существовавшего изделия, ее НК создавался или полностью заново или с минимальным использованием существующих сооружений. В условиях быстрой эволюции РКТ и ограниченности имевшегося задела такой подход был оправдан. Это тоже вело к тому, что НК не отделялись от обслуживаемых КА и РКН, являясь частью их комплекса, а также приводило к быстрому росту числа площадок отечественных космодромов.

Еще одной отличительной особенностью НК БР и РКН тех лет являлось то, что в них не выделялся отдельный ТК. При этом оборудование стартового комплекса, или стартовой станции (как назывался стартовый комплекс в некоторых документах тех лет), размещалось на технической и стартовой позициях.

В это же время были созданы первые универсальные БР (Р-12У и др.), предназначенные для пуска с использованием как наземных, так и шахтных пусковых установок. Начался краткий этап, в течение которого стационарные СК БР получали собственные названия («Долина», «Маяк» и пр.) [7, с. 64, 79–80]. Тогда же получили собственные названия некоторые СК для созданных на базе БР ракет-носителей 63С1, 11К63 и 11К65М [7, с. 67; 8, с. 469; 9, с. 76–77], которые позднее получили наименование «Космос» [10, с. 133]. Однако такая практика коснулась не всех СК этих РН [7, с. 88] и вскоре, за редкими исключениями [7, с. 355], была прекращена, а полученные названия обычно не употребляли в официальных документах.

Эволюция подходов к разработке КРКТ в период создания первых ракет-носителей специальной разработки и выполнения советской лунной программы. В 1960 г. вышло этапное Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 23 июня 1960 г. № 715-296 «О создании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960–1967 годах», которым фактически утверждались РН с их НК как отдельный объект проектирования.

Тогда же, в начале 1960-х годов, был предпринят ряд попыток унификации элементов КРКТ. Тем же постановлением был внедрен новый подход к проектированию сразу целого семейства РН разной грузоподъемности (рис. 2). Однако предложение С.П. Королева создать единое семейство РН серии Н, для которых боевые варианты рассматривались как чисто формальные [11, с. 125], было фактически отклонено на раннем этапе работ в связи с успехом РН семейств Р-7 и «Протон». В.Н. Челомей, в свою очередь, предложил «универсальные» ракеты серии УР, которые должны были использоваться и как баллистические, и как ракеты-носители [12]. В результате УР-100 стали применять только как баллистическую, УР-500 эволюционировала в РН «Протон», а УР-200 и УР-700 не получили развития, так как были приняты аналогичные проекты других разработчиков. В этот же период в составе СК РКН получили распространение агрегаты обслуживания со сменными площадками, что сделало их хорошо приспособленными к различным модернизациям.

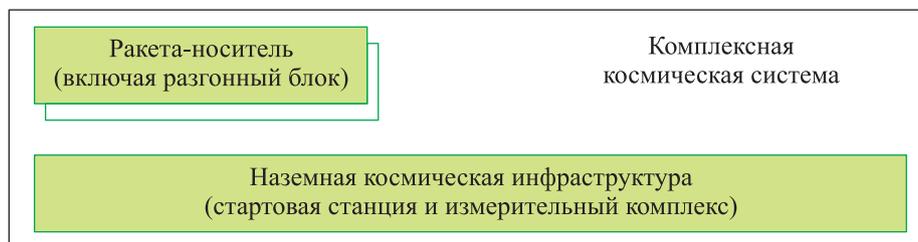


Рис. 2. Схема структуры создаваемой комплексной космической системы с РН семейства Н (по Постановлению ЦК КПСС и СМ СССР от 23 июня 1960 г. № 715-296)

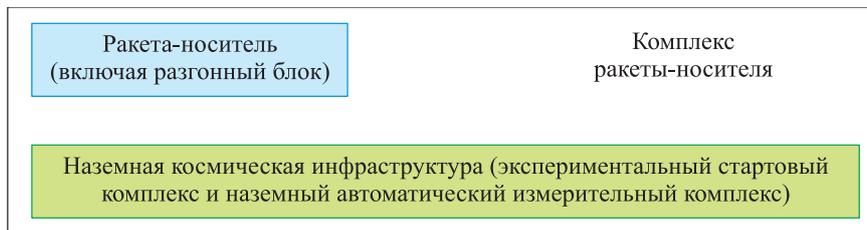


Рис. 3. Схема комплекса ракеты-носителя Н-1 (по Постановлению ЦК КПСС и СМ СССР от 24 сентября 1962 г. № 1022-439)

В результате уже в 1962 г. ракету-носитель Н-1 (Н1) разрабатывали уже фактически без семейства и со значительно увеличенной полезной нагрузкой, требовавшейся для советской лунной программы. При этом структура проекта (рис. 3) стала минималистичной и, за исключением выделившихся впоследствии из состава РН разгонных блоков, классической для создания КРКТ.

В проекте «Н-1» и его конкурентах впервые появились как специально созданные РН, так и штатный, а не формально испытательный СК, включавший в свой состав и ТК. При этом, согласно Постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 24 сентября 1962 г. № 1022-439 «О создании комплекса ракеты-носителя Н-1», этот СК назывался экспериментальным. Новизна стартового комплекса ракеты Н-1 заключалась и в том, что при проектировании ракеты были устроены отдельные значительные модернизационные запасы под только предполагавшиеся варианты РН большей грузоподъемности. Это сделало данный стартовый комплекс первым в некотором смысле универсальным отечественным СК и в дальнейшем позволило относительно легко приспособить его для системы «Энергия — Буран».

Однако неудача данной программы задержала ввод в строй первых специально спроектированных РН до 1980-х годов, а жесткая ориентированность работ на вывод корабля Л-3 вернула ситуацию к состоянию, когда весь комплекс строился вокруг КА. Обозначение «Л-3» («ЛЗ») — это название лунного ракетного комплекса, т. е. по современной терминологии, космической головной части (КГЧ). Оно вошло в название всей ракетной космической системы Н1-ЛЗ [13], но все-таки на втором месте после «Н1» — обозначения РН. Таким образом, структура комплекса к концу проектирования изменилась (рис. 4).

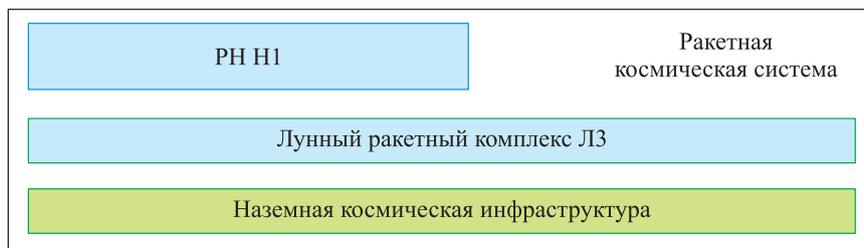


Рис. 4. Структура проекта комплекса Н1-ЛЗ к концу его создания

То, каким образом понималась типовая структура КРКТ к моменту завершения отечественной лунной программы, описано в выпущенной в 1976 г. книге В.Н. Тverдовского [14] и показано на рис. 5. Здесь появляется термин «ракетно-космический комплекс», совпадающий по фактическому содержанию не с современным его определением, а с понятием «космический комплекс».

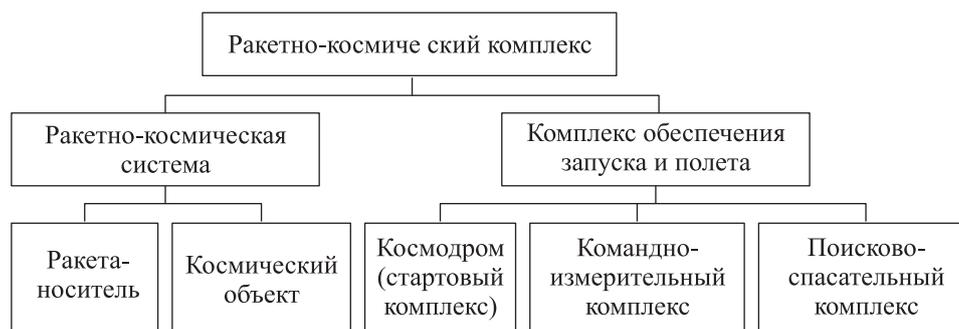


Рис. 5. Структура ракетно-космического комплекса на 1976 г. [14, с. 5]

Кроме того, в работе [14] часто употребляются термины «стартовая позиция», «техническая позиция», встречается считающийся синонимичным слову «космодром», т. е. не тождественный его современному содержанию, термин «стартовый комплекс», а понятие «технический комплекс» по-прежнему отсутствует.

Эволюция подходов к разработке КРКТ в период создания системы «Энергия — Буран». Начиная с 1970-х годов появилась тенденция при создании новых КРКТ не строить новые, а, по возможности, модернизировать неиспользуемые СК и ТК. Это особенно характерно для НК РКН сверхтяжелого класса (СТК). Так, в США НК РКН «Сатурн-5» впоследствии использовался в программе «Спейс Шаттл», а также для РКН семейств «Арес», «Фалкон» и «СЛС». В СССР НК космического комплекса Н1-Л3 стал основой для НК системы «Энергия — Буран».

К этому моменту определился короткий и редко изменяющийся список компонентов ракетного топлива, которые применялись для вновь создаваемых РН, что способствовало дальнейшей унификации СК. Однако это практически не отразилось на организации новых КРКТ. Для каждой новой базовой РКН формально создавали новый НК, хотя бы и с привлечением для этой цели имевшегося фонда незадействованных зданий, сооружений и оборудования. При таком подходе по-прежнему требовалось использовать значительное число площадок, а создание заделов для модернизации не подразумевало приспособления комплексов для последующей переделки под РКН других типов.

Заданная ракетой Н-1 тенденция проектирования специальных РН в те годы не закрепилась, наоборот, произошел возврат к идее разработки КРКТ как КК вокруг КА. Это, помимо прочего, выразилось в том, что в написанной под руководством выдающихся специалистов энциклопедии «Космонавтика» (1985) отсутствует ранее введенное понятие «ракетно-космический комплекс», но имеется «космический комплекс» [15, с. 189]. Там же приведен устаревший на тот момент термин «космическая ракета» [15, с. 184], у которого не очень четкое определение и который практически не появляется в других статьях. В энциклопедии часто встречается термин «ракета-носитель», а широко употребляемые в настоящее время термины «ракета космического назначения», «разгонный блок», «полезная нагрузка» полностью отсутствуют, однако отмечается, что КА — это «полезный груз» РН [15, с. 299].

Возврат к идее разработки КРКТ как КК произошел, по всей видимости, под влиянием считавшейся в то время передовой системы «Спейс Шаттл» (США), которую нельзя использовать отдельно от орбитального корабля (ОК). Очевидно, именно из-за этого подхода только непосредственно перед первым пуском в 1987 г. получила свое название РН «Энергия» [16, с. 763]. При этом название «Буран» появилось намного раньше и изначально относилось ко всей многоуровневой космической системе, включая многоуровневый ОК, РН, НК и грузовой вариант КГЧ. Первоначальная схема КРКТ «Буран» показана на рис. 6. Видно, что структура КРКТ примерно повторяет структуру системы «Спейс Шаттл» (США), но на первом месте стоит ракетная разгонная ступень.

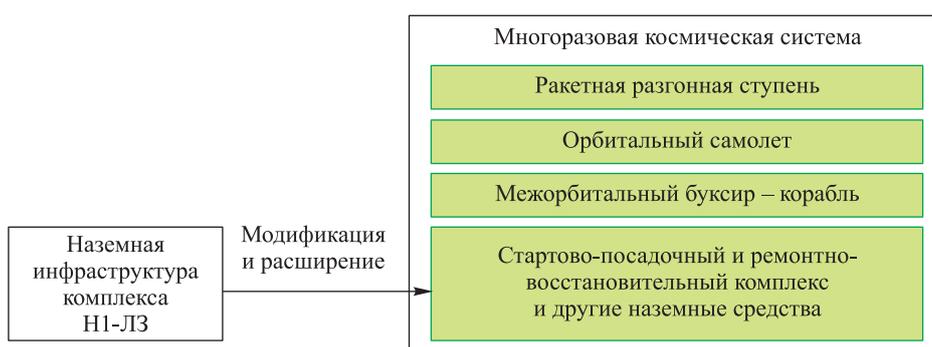


Рис. 6. Схема построения многоуровневой космической системы, позднее получившей название «Буран», первоначальный вариант (по Постановлению ЦК КПСС и СМ СССР от 17 февраля 1976 г. «О создании многоуровневой космической системы «Энергия — Буран» [17, с. 40; 18])

Собственные имена в КРКТ «Буран» изначально получили только сооруженные в рамках проекта аэродромы, которые входили в создаваемый для «Бурана» (впервые в отечественной практике) посадочный комплекс [19, с. 13–14]. При этом названия некоторых частей наземной космической инфраструктуры, например «динамический стенд» и «универсальный комплекс стенд-старт» [20], благодаря отсутствию одноименных аналогов впоследствии стали употреблять фактически как имена собственные.

В процессе разработки проекта изменилась структура системы (рис. 7), она стала называться универсальной ракетно-космической транспортной системой (УРКТС) «Энергия» — «Буран». При этом сохранялось формальное равенство РН и ОК, но порядок их написания в названии и практика принятия решений при управлении проектом показывают, что на первое место вышла ракета-носитель «Энергия». Перед первым запуском, одновременно с ракетой, орбитальный корабль тоже получил собственное открытое название — «Буран» [10, с. 412]. Поскольку оно совпало с засекреченным ранее названием всей многоэлеметной космической системы, в литературе ОК часто выделяют как ее центральный элемент, просто из-за присвоения всей системе того же названия — «Буран», что впоследствии породило некоторые проблемы [17, с. 41–42].

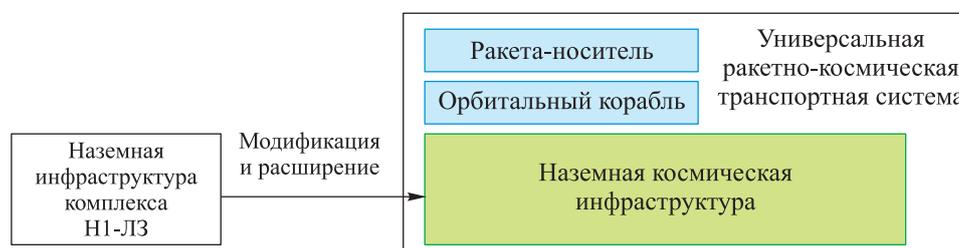


Рис. 7. Схема фактического построения УРКТС «Энергия» — «Буран» к концу ее создания

Хотя уже в 1960-х годах начали использовать имевшиеся РН для выведения не тех КА, под которые они создавались, окончательное разделение РН и КА произошло только в 1980-х годах. В результате исключения конкретных КА из состава КРКТ их основной частью оказались РН, которые, как следствие, стали получать отдельные названия. В этот период помимо «Энергии» собственные названия, не связанные прямо с выводимыми КА, получили уже используемая РН «Циклон» (1980) [4] и создававшаяся РН «Зенит».

Этот подход способствовал ускорению процесса унификации наземных комплексов разных КА [21, с. 262]. Оформилась и идея применения разгонных блоков как отдельной части РКН, а не как верхней ступени РН определенной модификации или типовой части

выводимых с их помощью КА. Термин «техническая позиция» начал устаревать, поскольку РН и КА стали разрабатывать разные главные конструкторы, хотя в документации на ракетно-космический комплекс (РКК) «Зенит», введенный в строй во второй половине 1980-х годов, все еще употребляется данный термин [22]. При этом приведенное в книге И.В. Стромского (1996) определение технического комплекса [19, с. 8] в целом соответствует современному определению именно технической позиции, хотя в энциклопедии «Космонавтика» (1985) понятию «технический комплекс» дается близкое к современному определение и отмечается, что ТК включает сооружения, расположенные на одной или нескольких технических позициях [15, с. 396].

Важным этапом унификации оборудования СК стала впервые примененная в стартовом комплексе РКН «Зенит» унифицированная система термостатирования, вырабатывающая холод для всех потребителей СК [22] и практически не зависящая от конкретных конструктивных особенностей элементов РКН.

Хотя комплексы РКТ с ракетами «Энергия» и «Зенит» создавались в рамках единой программы и обладали техническим сходством, они получили совершенно разные НК, что, видимо, явилось следствием устоявшихся на тот момент подходов к созданию КРКТ.

В принятом практически одновременно с началом разработки будущей УРКТС «Энергия» — «Буран» Постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16 марта 1976 г. № 183-70 «О создании универсального космического ракетного комплекса 11К77» [23, с. 276] появляется термин «универсальный космический ракетный комплекс». Это произошло, поскольку ракета-носитель 11К77, впоследствии получившая название «Зенит», хотя и разрабатывалась в рамках проектов КК с КА «Целина-2» и КРКТ «Буран», все же изначально создавалась именно как универсальная РН среднего класса.

Эволюция подходов к разработке комплексов ракетно-космической техники с середины 1990-х годов по настоящее время. Следующим этапом в унификации НК стало создание в 2000-х годах универсального стартового комплекса (УСК) для космического ракетного комплекса (КРК) «Ангара», позволившего запускать РКН на основе РН разных классов грузоподъемности одного семейства. Позднее фактически универсальными стали СК вновь разработанного семейства РН «Союз-2», включавшего РН легкого и среднего классов грузоподъемности.

При разработке передаваемого иностранному заказчику НК РКН семейства «Союз» в Гвианском космическом центре (ГКЦ) непосредственно межправительственным Соглашением 2003 г. (между Россией и Францией) [24] был введен новый термин «комплекс запуска» (КЗ). Согласно этому Соглашению, КЗ «Союз» включал «СК, а также функционально связанные с ним сооружения, используемые для подготовки

и запуска РН «Союз-СТ», расположенные в ГКЦ и составляющие его неотъемлемую часть». Таким образом, понятие «комплекс запуска», в который входит ТК, СК и некоторые другие элементы НК РН без самой РН, примерно соответствовал понятиям «стартовый комплекс» и «стартовая станция» начала космической эры. Кроме того, в Соглашении [24] понятие «космодром» применительно к ГКЦ определяли как «совокупность КЗ ГКЦ, включая КЗ «Союз», а также дополнительных средств, необходимых для запуска РН, эксплуатируемых в ГКЦ».

Однако в межправительственном Соглашении 2006 г. между Россией и США [25] в аналогичной ситуации введен индивидуальный термин «комплекс «Морской старт»». По Соглашению [25], этот комплекс представляет собой «совокупность функционально взаимосвязанных объектов, включая базовый порт (его сооружения и помещения), сборочно-командное судно, стартовую платформу и другие объекты, предназначенные для осуществления деятельности в рамках проекта “Морской старт”».

В то же время в межправительственном Соглашении 2004 г. между Россией и Казахстаном о создании КРК «Байтерек» [26] говорится, что в его состав входят стартовая и техническая позиции, создаваемые на базе технических средств, сооружений и коммуникаций космодрома «Байконур». Таким образом, в Соглашении [26] вводится альтернативное определение КРК, а у КРК появляется собственное название, не связанное непосредственно с РКН.

Авторы разработанного в 2010 г. ГОСТ Р 53802–2010 «Системы и комплексы космические. Термины и определения» постарались закрепить и развить соответствующие прогрессивные тенденции. В результате этого часть терминов, описывающих универсальные комплексы в составе космической инфраструктуры, соответствует только еще обсуждавшимся в то время концепциям универсализации НК. В частности, введены понятия «универсальный наземный комплекс», «универсальный стартовый комплекс универсального наземного комплекса» и «универсальный технический комплекс универсального наземного комплекса», а также «унифицированный технический комплекс космического аппарата [разгонного блока, космической головной части]».

В рамках этого стандарта термин «унифицированный» в противоположность термину «универсальный» употребляется по отношению к комплексам, потенциально обеспечивающим работу с любыми объектами соответствующего типа, а не с их ограниченным кругом. Использование данного термина представляется продуктивным и при дальнейшей эволюции терминологии в области КРКТ. Кроме того, ГОСТ Р 53802–2010 введены определения «комплекс посадки космического корабля» и «комплекс посадки и первоначального обслуживания

возвращаемых элементов РКН». При этом в «Справочнике по терминологии в оборонной сфере» Министерства обороны Российской Федерации «комплекс посадки и обслуживания» имеет иное определение [27].

В 2010-х годах основным российским космодромом стал ограниченный по площади космодром «Восточный», а к создаваемым строительным объектам начали предъявлять требования по их демонтажу и рекультивации земель после завершения эксплуатации. Это сделало еще более актуальным вопрос обеспечения унификации объектов НКИ. При разработке этапного в развитии НК унифицированного технического комплекса (УНТК) на космодроме «Восточный» [28] был применен наиболее рациональный в современных условиях подход, предусматривающий упрощенный переход на другие виды РН и КА разных производителей, в том числе не находящиеся в разработке на момент создания ТК.

На космодроме «Восточный» УНТК позволяет обслуживать и направлять под одной крышей запускаемые КА всех типов, обеспечивая при этом более безопасную их транспортировку с помощью трансбордера в крытой галерее, впервые в мировой практике примененного в аэрокосмической технике. В данном случае реализован УНТК для РКН в целом, что является дальнейшим развитием логики отдельных УНТК, описанных в ГОСТ Р 53802–2010. При этом с организационной точки зрения важно, что в силу своей универсальности УНТК должен относиться непосредственно к космодрому, а не к отдельному КРК или даже УНК. К конкретному КРК на таком УНТК должно относиться только оборудование, предназначенное для работы только с конкретным типом РН и ее модификациями.

При создании КРК «Союз-2» на космодроме «Восточный» был применен новый подход к проектированию сооружений СК, учитывающий возросшую за последние десятилетия надежность РН, что позволило использовать более дешевые и удобные в эксплуатации и модернизации наземные сооружения вместо обвалованных, применявшихся ранее в составе отечественных СК. В этот же период в других странах (вероятно, по той же причине) стали чаще использовать «пристартовые ТК», в которых соответствующее оборудование размещается в легких зданиях, находящихся непосредственно на стартовой позиции. Такой подход позволил значительно упростить и удешевить как процесс транспортировки собранной РКН, так и необходимую для этого инфраструктуру. С формальной точки зрения по ГОСТ Р 53802–2010 в этом случае ТК в составе соответствующего КРКТ отсутствует, а все это оборудование входит в СК, который в силу отсутствия отдельного ТК может рассматриваться и как КЗ.

Для обеспечения пусков РН семейства «Ангара» с космодрома «Восточный» был создан КРК «Амур», что стало важным примером

именования КРК не по названию РКН [29]. Однако эффект был в значительной степени испорчен тем, что вскоре на базе космодрома «Восточный» началось сооружение КРК «Амур-СПГ» (СПГ — сжиженный природный газ) с РН «Амур» [30], что вызвало путаницу. В результате название КРК и СК для РКН семейства «Ангара» вышло из употребления.

При разработке КРК «Амур-СПГ» предполагается впервые реализовать концепцию пусковой платформы [31], на основе которой будет создан облегченный стартовый комплекс [32]. При этом рассматривают как сооружение СК с частично используемой инфраструктурой СК КРК «Амур» [31], так и создание обособленного СК с максимально облегченным режимом секретности для упрощения взаимодействия с коммерческими заказчиками и туристами [32], а также варианты УСК для РН «Амур-СПГ» и «Союз-5», которые потребляют разные виды основного горючего (сжиженный природный газ и керосин соответственно) [33]. Аналогичное решение уже реализовано на СК площадки № 2 Хайнаньской коммерческой площадки запуска спутников (Китай), которая с использованием сменных пусковых столов потенциально позволяет производить запуски 19 моделей РН десяти разных производителей с кислородно-керосиновыми, кислородно-метановыми и кислородно-водородными двигателями [34]. Данный СК можно охарактеризовать как унифицированный СК (УНСК).

Концепция создания СК с использованием стальной пусковой платформы [31], собираемой из секций по судостроительным технологиям, принципиально позволяет ускорить процесс создания СК и улучшить качество работ за счет их выполнения в заводских условиях. Однако важно и то, что такое решение может существенно облегчить, ускорить и удешевить последующую модернизацию СК под новые РКН и более совершенное оборудование за счет упрощенного процесса доработки и замены частей металлических конструкций, включая целые секции, по сравнению с доработкой железобетонных сооружений. При этом значительно упрощается демонтаж конструкций и облегчается рекультивация территории в случае принятия решения о прекращении эксплуатации СК.

Перспективы дальнейшего развития подходов к созданию наземных комплексов ракет космического назначения. По всей видимости, для космодромов с большим количеством КРК создание ТК в виде УНТК является предпочтительным в связи с более равномерной загрузкой персонала и более рациональной организацией работ с КА. В то же время для случаев, когда необходимо обслуживать отдельные РКК или КРК, концепция пристартового ТК имеет преимущества вследствие снижения затрат на строительство и эксплуатацию соответствующего КРКТ. Пристартовые ТК, как и сборку РКН непосредственно на пусковой установке, целесообразно использовать

для окончательной сборки РКН СТК с целью уменьшения затрат на создание специальных путей для перевозки таких РКН. Кроме того, пристартовые ТК могут найти применение при подготовке РКН сверхлегкого класса вследствие относительной простоты такой подготовки.

Концепция УНТК, особенно в части работ с отдельными КА, имеет очевидное сходство с концепцией создания современных технопарков. В этой связи для поддержания коммерциализации космической деятельности представляется перспективным рассмотреть возможность создания при УНТК технопарков космодромов в виде дополнительных производственных площадей под аренду с упрощенным режимом доступа для персонала арендаторов, поскольку производство отдельных изделий РКТ непосредственно на космодроме может оказаться более выгодным. Примером изделий такого рода могут служить некоторые малоразмерные КА, перевозка которых отдельным самолетом или в охраняемом вагоне получается неоправданно дорогой [35]. Возможно также производство отдельных элементов РКН, таких как крупногабаритные головные обтекатели и ракетные блоки. Исторически похожий подход был реализован на космодроме «Байконур» для производства крупногабаритных ракетных блоков РН Н-1, а также РН «Энергия» на этапе испытаний [17, с. 66].

Создаваемые в настоящее время как часть определенного КРК стартовые или унифицированные стартовые комплексы обеспечивают запуск только ракет-носителей этого КРК, что вызывает ряд сложностей:

- приспособление СК при проектировании для перспективного перехода на другие семейства РН не входит в требования технического задания и поэтому практически не предусматривается. Из-за этого выгоднее для новых РН сооружать новый СК, а не дорабатывать один из уже имеющихся;

- возникают трудности с обоснованием необходимости финансировать сохранение в работоспособном состоянии СК, являющихся частью выведенных из эксплуатации РКК, что, однако, постоянно практикуется с целью последующей реконструкции СК под новую РН в отдаленной перспективе и экономии средств на демонтажные и рекультивационные работы;

- существуют трудности с размещением большого количества СК под каждое новое семейство РН на ограниченном по площади космодроме «Восточный».

При этом стоимость СК, как правило, более чем на порядок превосходит стоимость РН. Поэтому существуют предпосылки к дальнейшей универсализации и унификации СК.

В то же время технология подготовки и требования к наземному оборудованию у РКН разных классов грузоподъемности заметно различаются. Так, для КРКТ сверхлегкого класса (СЛК), где все элементы

СК могут быть выполнены в виде мобильных агрегатов, перспективна унификация большинства из этих агрегатов. Но и в других классах грузоподъемности максимальная масса РКН, которые могут запускаться определенным УСК, в значительной степени определяет как основной размер затрат на создание такого УСК [21, с. 35–37], так и расходы, необходимые для поддержания его функционирования, что приводит к завышению стоимости запуска более легких РН с соответствующего УСК. Дозы компонентов ракетного топлива, заправляемых в ракету, у РН разных классов могут существенно различаться. Возникают трудности при использовании на СК газоходов, слишком больших для определенных РН [21, с. 239]. Все это снижает экономический эффект от использования УСК для РН с сильно различающимися классами грузоподъемности.

По этой причине было бы нецелесообразно объединять, например, стартовые комплексы для РКН сверхтяжелого и сверхлегкого классов, создавая один-единственный УНСК на весь космодром, за исключением случаев, когда не предусматривается применение РКН, сильно различающихся по классу грузоподъемности.

Однако представляется рациональным перейти к созданию УНСК, обеспечивающих подготовку и пуск РКН определенного диапазона грузоподъемности, унифицированность которых должна заключаться в их заблаговременном приспособлении к быстрой и дешевой модернизации в расчете на РН и их семейства, которые могут быть разработаны в будущем. Такой подход к универсализации может обеспечить минимизацию затрат на выполнение государственной космической программы в целом благодаря снижению затрат на консервацию или рекультивацию существующих и строительство новых СК при переходе к средствам выведения нового поколения. При этом для обоснования конкретных параметров таких УНСК, прежде всего в части диапазонов грузоподъемности РН, требуется отдельное исследование.

Наибольшие трудности при создании таких УНСК в настоящий момент представляет конкуренция между керосином и вновь внедряемым сжиженным природным газом в качестве горючего для первых (а во многих случаях — и всех остальных) ступеней РКН. Однако это не является препятствием для реализации такого подхода, как показал опыт Китая — так построен несколько иной по своей концепции УНСК, где одновременно обеспечивается применение нескольких видов горючего [34].

Поскольку при предложенном подходе УНСК в перспективе могут использоваться для запуска РН разных производителей, то при его проектировании и модернизации следует согласовывать параметры УНСК не только с предприятием, создающим РН, которая первой будет запускаться с данного СК, но и всеми отечественными предприятиями — потенциальными создателями таких РН. Поэтому

УНСК должен быть, как и в случае с УНТК, отдельной частью космодрома, а в состав определенного КРК входить только временно.

Кроме того, УНСК должны получить имена собственные, не связанные прямо с какими-либо РН и РКН, по аналогии с тем, как это сделано для комплекса «Морской старт», что упростит согласование их сохранения при выводе из эксплуатации РКН, запускавшихся с данных УНСК, а также будет способствовать научно-просветительской и воспитательной работе.

Приспособленность к модернизации подразумевает модульное построение оборудования, обеспечивающее наличие мест быстрого и безопасного разделения систем и агрегатов на постоянные и сменные части. Это должно резко снизить стоимость модернизации и в некоторой степени — ремонта за счет того, что основная часть оборудования не будет затрагиваться при проведении соответствующих изменений.

На агрегатах обслуживания такой подход к сооружению площадок применяется уже с 1960-х годов. А при проектировании УСК КРК «Ангара» для запуска РКН с разными диаметрами ракетных блоков рассматривался вариант внедрения быстросменных стартовых столов, перемещаемых по рельсовому пути [36, с. 587]. Данный подход может быть реализован и с использованием плавучих агрегатов [37].

С учетом перспективы создания многоразовых первых ступеней и одноступенчатых РН [38] посадочные комплексы также могут создаваться унифицированными для групп ракетных блоков по грузоподъемности, при этом стартовый комплекс может выполнять и функции посадочного. Это особенно удобно при наличии минимум двух таких СК на плавучих основаниях, что позволит не возвращать ступень или РН в район запуска, а перевозить ее морем прямо на СК из района посадки.

В последнее время появились идеи снижения стоимости выведения полезных грузов на орбиту за счет использования очень часто (до трех раз в день) запускаемых полностью многоразовых РКН СТК. Эти идеи близки к концепциям создания систем «Энергия — Буран» и «Спейс Шаттл». Помимо экономии при частом использовании многоразовых РН, такой подход основан на том, что с увеличением грузоподъемности РН цена выведения килограмма полезной нагрузки на околоземную орбиту несколько снижается [39]. Однако анализ реального опыта успешного создания и эксплуатации КРКТ СТК грузоподъемностью 100 т и более показывает, что все они были разработаны как космические комплексы для пилотируемых полетов к Луне (Н-1, «Сатурн-5») или для выведения конкретной полезной нагрузки («Энергия»). Отдельные исключения, связанные с запуском других полезных грузов, в этих случаях скорее подчеркивают, что каждый раз, когда создавались РН такого класса, необходимости в этом не было. При этом существуют многочисленные предложения по использованию

РКН СТК в других проектах (см. например, статьи [40, 41]), однако все они касаются уникальных дорогостоящих КА, которые в обозримой перспективе наверняка не будут производиться серийно вследствие бюджетных ограничений. Поэтому для перспективных РКН СТК более рациональным может оказаться создание КК, необходимого для выполнения определенной задачи, например пилотируемого полета на Луну, хотя мероприятия по упрощению последующих модернизаций и сооружение соответствующего УНСК будут целесообразными и в этом случае.

Для сравнения известных и вновь предлагаемых подходов к созданию СК РКН в табл. 1 приведены их преимущества и недостатки.

Таблица 1

Преимущества и недостатки разных подходов к созданию СК РКН

Тип СК	Преимущества	Недостатки
СК КК, создаваемый для запуска конкретной модели КА (например СК КК Н1-ЛЗ)	Минимальная стоимость при создании конкретного КК	Решение других задач в рамках космической программы затруднено
СК РКК, создаваемый для запуска конкретной РН и ее модификаций	Затраты на СК при запуске совокупности разных КА с помощью конкретной РН и ее модификаций минимальны	Несколько дороже СК КК. Модернизация под другие РН затруднена, поэтому после завершения эксплуатации РН такой СК часто не востребован
УСК КРК, создаваемый для запуска РН одного семейства, но разных классов грузоподъемности, либо нескольких семейств одного производителя	Занимает меньше места на космодроме, чем отдельные СК. Затраты на создание при незначительно различающихся РН несколько ниже, чем на отдельные СК. Более регулярная эксплуатация при низких темпах запусков	При запуске РН не максимального класса грузоподъемности эксплуатационные затраты повышены. Ограничивает пропускную способность космодрома. Может быть дороже отдельных СК при существенно различающихся РН. Модернизация под другие РН затруднена
Предлагаемый УНСК, приспособленный для быстрой модернизации под РН разных производителей того же класса грузоподъемности	Позволяет уменьшить затраты на космическую программу в целом за счет исключения консервации или рекультивации старых и строительства новых СК, а также вследствие экономии места на космодроме. Ремонт упрощен благодаря модульному оборудованию. Возможно использование для РН не максимального класса грузоподъемности	По сравнению с предыдущими вариантами создание и эксплуатация УНСК несколько дороже, поскольку требуются согласование по основным техническим решениям со всеми производителями РН при проектировании и модульная организация оборудования. В случае использования для РН не максимального класса грузоподъемности повышены эксплуатационные затраты

Тип СК	Преимущества	Недостатки
УНСК, приспособленный для одновременной эксплуатации РН разных производителей (реализован в Китае)	Те же, что и у предыдущего варианта, а также обеспечение возможности одновременной эксплуатации конкурирующих РН	Те же, что у предыдущего варианта, а также сложность согласования решений всех производителей РН при испытаниях и эксплуатации УНСК. При этом увеличиваются временные и материальные затраты, уменьшается надежность, в том числе в результате распределения ответственности

Анализ изложенных в табл. 1 преимуществ и недостатков подходов показывает, что предложенная концепция УНТК позволяет при относительно небольших затратах и сохранении остальных преимуществ СК РКК и УСК КРК обеспечить упрощенный переход на средств выведения последующих поколений и снизить стоимость государственной космической программы в целом путем включения дополнительных требований к процедурам согласования проектов строительства и модернизации СК и УСК. В то же время внедренный в Китае подход к созданию УНСК с одновременным использованием РН разных семейств и производителей также может найти применение при соответствующем обосновании, но в отечественных условиях он менее актуален из-за меньшего, по сравнению с Китаем, количества реализуемых одновременно проектов отечественных РН. Таким образом, в рамках предложенного подхода перспективная структура стартовых и технических комплексов космодрома с учетом возможного наличия в составе СК для РКН СЛК и СТК пристартовых ТК будет стремиться к виду, представленному на рис. 8.

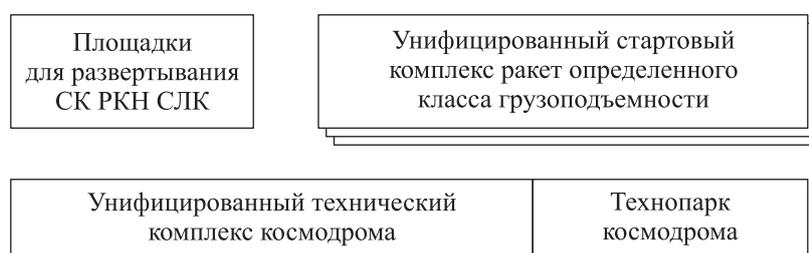


Рис. 8. Перспективная структура стартовых и технических комплексов космодрома

Кроме того, при дальнейшем развитии наземных комплексов, прежде всего на космодроме «Восточный», представляется перспективным учитывать потребности научно-просветительской и воспитательной

работы, что важно в том числе и для формирования общественного консенсуса по поводу выделения финансирования для отечественных космических исследований. В частности, желательна создание специальной инфраструктуры для космического туризма, в особенности — для уже организованного на космодроме «Восточный» школьного образовательного туризма [42], когда при исключении необходимости в соблюдении режимных требований открыто посещение обзорных площадок, интерактивных экспозиций, галерей, осмотр чистых помещений без захода в них, фотозон, пунктов общественного питания и т. п. Наиболее рациональным шагом в этом направлении является формирование соответствующих требований со стороны государства при создании новых и модернизации существующих объектов НКИ. Эта же инфраструктура будет способствовать упрощению организации и улучшению качества проведения производственной практики для студентов профильных специальностей на космодроме.

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Рассмотрена в исторической перспективе эволюция подходов к созданию НК для РКН и пути ее универсализации.

2. Предложен новый подход к созданию новых СК и УСК для РКН путем сооружения УНСК, изначально приспособленных к модернизации под новые РН для ракет определенных классов грузоподъемности, в том числе и разных производителей, с целью ограничения количества площадок космодрома, а также ускорения и удешевления процесса перехода к РН новых поколений, что может снизить затраты на выполнение государственной космической программы в целом.

3. Обосновано дополнение требований, предъявляемых при проектировании перспективных СК и ТК, в части создания туристической инфраструктуры для обеспечения потребностей профильного образования, научно-просветительской и воспитательной работы.

4. Для упрощения коммерциализации космической деятельности предложено рассмотреть возможность создания технопарков на базе УНТК космодромов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стельмах С.Ф., Басов Г.Б. Анализ состояния разработки и перспектив применения ракеты-носителя «Союз-5». *Известия Института инженерной физики*, 2021, № 2 (60), с. 10–15.
- [2] Сиробаба Я.Я. О некоторых понятийно-терминологических аспектах практической космонавтики. *XXVI Академические чтения по космонавтике, посв. памяти акад. С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. Сб. тез. Москва, 30 января — 1 февраля 2002 г.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002, с. 131.

- [3] Игрицкий В.А. О предпосылках к изменению подходов к созданию наземной инфраструктуры ракетных комплексов космического назначения. *XLVIII Академические чтения по космонавтике, посв. памяти акад. С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 23–26 января 2024 г.): Сб. тез.* В 3 т. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 2, с. 99–101.
- [4] Гудилин В.Е., Слабкий Л.И. *Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы)*. Москва, б. и. 1996, 326 с.
- [5] Циолковский К. *Космическая ракета: Опытная подготовка*. Калуга, Гостипография КГСХ, 1927, 24 с.
- [6] Материалы газеты «Правда» о трех советских космических ракетах. *Эпизоды космонавтики*. URL: <https://epizodyspace.ru/bibl/mater-luna1-3/02.html#02> (дата обращения: 05.07.2025).
- [7] *История развития отечественной наземной ракетно-космической инфраструктуры*. Москва, Столичная энциклопедия, 2017, 504 с.
- [8] Андреев Л.В., Конюхов С.Н. *Янгель. Уроки и наследие*. Днепропетровск, Арт-Пресс, 2001, 522 с.
- [9] *Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное»*. Днепропетровск, ГKB «Южное» им. М.К. Янгеля, 2000, 239 с.
- [10] *История отечественного ракетостроения. Сер. История отечественной ракетно-космической науки и техники. Т. 1*. Москва, Столичная энциклопедия, 2024, 752 с.
- [11] Губанов Б.И. *Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. В 4 т. Т. 2: Космос приоткрывает двери*. Нижний Новгород, Изд-во Нижегородского института экономического развития, 1998, 240 с.
- [12] Поляченко В.А., Нестеров В.Е. *Универсальная баллистическая ракета УР-200. История отечественного ракетостроения. Сер. История отечественной ракетно-космической науки и техники. Т. 1*. Москва, Столичная энциклопедия, 2024, 182–192 с.
- [13] Шубин П.С. *Ракетная космическая система Н1-Л3. Альбом*. Кемерово, Изд. П.С. Шубин, 2018, 48 с.
- [14] Твердовский В.Н. *Космодром*. Москва, Машиностроение, 1976, 160 с.
- [15] Глушко В.П., ред. *Космонавтика: энциклопедия*. Москва, Советская энциклопедия, 1985, 528 с.
- [16] Фролов К.В., отв. *Машиностроение. Энциклопедия. В 40 т. Т. IV-22: Ракетно-космическая техника. В 2 кн. Кн. 1*. В.П. Легостаев, отв. ред. Москва, Машиностроение, 2012, 925 с.
- [17] Губанов Б.И. *Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. В 4 т. Т. 3: «Энергия» — «Буран»*. Нижний Новгород, Изд-во Нижегородского института экономического развития, 1998, 432 с.
- [18] Бакланов О.Д. *Космос — моя судьба. Записки из «Матросской тишины». В 2 т. Т. 2*. Москва, ОСЛН, 2012, 864 с.
- [19] Стромский И.В. *Космические порты мира*. Москва, Машиностроение, 1996, 112 с.
- [20] Макаров А.А. Создание универсального комплекса стэнд-старт на космодроме Байконур для отработки ракет-носителей тяжелого класса с использованием водородного топлива. *Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»*, 2008, № 3, с. 24–28.
- [21] Бармин И.В., ред. *Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники: инженерное пособие. В 2 кн. Кн. 1*. Москва, Полиграфикс РПК, 2005, 416 с.
- [22] *Автоматизированный наземный комплекс космической ракеты «Зенит». Фильм*. URL: https://vk.com/video-43241230_456240801 (дата обращения: 05.07.2025).

- [23] Конюхов С.Н., ред. *Призваны временем. От противостояния к международному сотрудничеству*. Днепропетровск, АРТ-ПРЕСС, 2004, 768 с.
- [24] *Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Французской Республики о долгосрочном сотрудничестве в области разработки, создания и использования ракет-носителей и размещении ракеты-носителя «Союз-СТ» в Гвианском космическом центре*. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/46285/ 24.02.2025 (дата обращения: 05.07.2025).
- [25] *Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Соединенных Штатов Америки о мерах по охране технологий в связи с деятельностью в рамках проекта «Морской старт»*. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/45905/ (дата обращения: 05.07.2025).
- [26] *Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Казахстан о создании на космодроме «Байконур» космического ракетного комплекса «Байтерек»*. URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/53693/ (дата обращения: 05.07.2025).
- [27] *Комплекс посадки и обслуживания. Справочник по терминологии в оборонной сфере*. URL: <https://dictionary.mil.ru/folder/123087/item/130195/> (дата обращения: 05.07.2025).
- [28] Александров А.А., Бармин И.В., Денисов О.Е., Чугунков В.В. Инновационные направления в развитии и эксплуатации наземной космической инфраструктуры технических комплексов космодромов. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2018, вып. 5. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-5-1765> (дата обращения: 05.07.2025).
- [29] Космический ракетный комплекс «Амур». Перспективы развития. *Роскосмос*. URL: <https://www.roscosmos.ru/33785/> (дата обращения: 05.07.2025).
- [30] Космический ракетный комплекс «Амур-СПГ». АО РКЦ «Прогресс». URL: <https://www.samspace.ru/about/programs/540/19679> (дата обращения: 05.07.2025).
- [31] ЦЭНКИ: строительство площадки для многоразовой ракеты «Амур-СПГ» можно начать в 2026 году. *Роскосмос*. URL: <https://www.roscosmos.ru/40403/> (дата обращения: 05.07.2025).
- [32] Безотказная, как автомат Калашникова: метановая ракета «Амур». *Роскосмос*. URL: <https://www.roscosmos.ru/29357/> (дата обращения: 05.07.2025).
- [33] «Союз-5» и «Амур-СПГ» с одного стартового стола на Восточном. *Новости космонавтики*. URL: <https://forum.novosti-kosmonavtiki.ru/index.php?topic=25141.0> (дата обращения: 15.09.2025).
- [34] Коммерческий Хайнань открывает счет. *Новости космонавтики*. URL: <https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/206204/> (дата обращения: 15.09.2025).
- [35] Игрицкий В.А., Игрицкая А.Ю. Разработка технологии транспортировки и подготовки к пуску перспективного малого разгонного блока. *XLVIII Академические чтения по космонавтике, посв. памяти акад. С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 23–26 января 2024 г.): Сб. тез. В 3 т.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 2, с. 93–95.
- [36] Нестеров В.Е. *Космический ракетный комплекс «Ангара». История создания*. Москва, Ремарко, 2018, 1008 с.
- [37] Игрицкий В.А. Оценка возможности создания стартовых комплексов ракет космического назначения сверхтяжелого класса с использованием плавучих и наплавных технологических сооружений и агрегатов. *XLIII Академические*

- чтения по космонавтике, посв. памяти акад. С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 29 января — 1 февраля 2019 г.): Сб. тез. В 4 т. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, т. 1, с. 331–332.
- [38] Кузнецов Ю.Л. Проектно-баллистический анализ перспектив применения одноступенчатой ракеты-носителя для снабжения орбитальной станции на солнечно-синхронной орбите. *Труды МАИ*, 2023, № 129. DOI: 10.34759/trd-2023-129-25 (дата обращения: 05.07.2025).
- [39] Бадиков Г.А., Фалько С.Г. Экономическое моделирование затрат на запуск космической системы. *Экономика космоса*, 2022, № 2, с. 66–74. DOI: 10.48612/agat/space_economics/2022.01.02.09 (дата обращения: 05.07.2025).
- [40] Stahl H.P., Hopkins R.C., Schnell A., Smith D.A., Jackman A., Warfield K.R. Designing astrophysics missions for NASA’s Space Launch System. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 2016, vol. 2 (4), paper 041213. DOI: 10.1117/1.JATIS.2.4.041213 (дата обращения: 05.07.2025).
- [41] Donahue B.B. Future Missions for the NASA Space Launch System. *AIAA Propulsion and Energy 2021 Forum*. AIAA 2021-3266, 2021. DOI: 10.2514/6.2021-3266 (дата обращения: 05.07.2025).
- [42] Школьники отправятся в бесплатные образовательные туры. *Российская газета*. 26 сентября 2024 г. URL: <https://rg.ru/2024/09/26/letim-na-kosmodrom.html> (дата обращения: 05.07.2025).

Статья поступила в редакцию 25.08.2025

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Игрицкий В.А. Эволюция и перспективы развития подходов к созданию наземных комплексов ракет космического назначения. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2025, вып. 12. EDN DZLSTL

Игрицкий Владимир Александрович — канд. техн. наук, доцент кафедры «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Область научных интересов: наземное оборудование ракетно-космической техники, космические аппараты, образовательные космические технологии. e-mail: igritsky_v_a@mail.ru

Evolution and development prospects of approaches to the creation of ground complexes of space rockets

© V.A. Igritsky

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

The paper examines the evolution of approaches to the creation of rocket and space technology complexes in terms of their ground complexes, with a subsequent analysis of the main advantages and disadvantages of these approaches. It proposes the introduction of unified launch complexes that are initially designed for simplified modification to prepare and launch various space rockets of a specific class of payload capacity, including those from different manufacturers. This approach, which is ensured by the implementation of relevant design requirements, can reduce the overall cost of the state space program by reducing the cost of preserving or rehabilitating inactive launch complexes, as well as facilitating the transition to new generations of launch vehicles. The paper substantiates the need to introduce requirements for the creation of tourist infrastructure within the framework of rocket and space technology complexes for the needs of specialized education, scientific and educational activities, and to simplify the commercialization of space activities, it is proposed to consider the possibility of creating technology parks within the unified technical complexes of cosmodromes.

Keywords: universal launch complex, unified launch complex, unified technical complex, space rocket complex, rocket and space complex, ground complex of a space rocket, space tourism, cosmodrome technology park

REFERENCES

- [1] Stelmakh S.F., Basov G.B. Analiz sostoyaniya razrabotki i perspektiv primeneniya rakety-nositelya «Soyuz-5» [Analysis of the state of development and prospects for the use of the “Soyuz-5” launch vehicle]. *Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki*, 2021, no. 2 (60), pp. 10–15.
- [2] Sirobaba Ya.Ya. O nekotorykh ponyatiyno-terminologicheskikh aspektakh prakticheskoi kosmonavtiki. In: *XXVI Akademicheskie chteniya po kosmonavtike posvyashhennye pamyati akademika S.P. Korolyova i drugikh vydayuschikhsya otechestvennykh uchenykh — pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva. Sbornik tezisov. Moscow, January 30 — February 1, 2002* [XXVI Academic Readings on Cosmonautics, dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists — pioneers of space exploration (Moscow, January 30 – February 26, 2002): collection of abstracts]. Moscow, BMSTU-Press, 2002, p. 131.
- [3] Igritsky V.A. O predposylkakh k izmeneniyu podkhodov k sozdaniyu nazemnoi infrastruktury raketnykh kompleksov kosmicheskogo naznacheniya. In: *XLVIII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike, posvyashhennye pamyati akademika S.P. Korolyova i drugikh vydayuschikhsya otechestvennykh uchenykh — pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva (Moskva, 23–26 yanvarya 2024 goda): sbornik tezisov* [XLVIII Academic Readings on Cosmonautics, dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists — pioneers of space exploration (Moscow, January 23–26, 2024): collection of abstracts]. In 3 vols. Moscow, BMSTU-Press, 2024, vol. 2, pp. 99–101.
- [4] Gudilin V.E., Slabkiy L.I. *Raketno-kosmicheskie sistemy (Istoriya. Razvitie. Perspektivy)* [Rocket and Space Systems (History. Development. Prospects)]. Moscow, 1996, 326 p.

- [5] Tsiolkovsky K. *Kosmicheskaya raketa: Opytnaya podgotovka* [Space Rocket: Experimental Preparation]. Kaluga, Gostipografiya KGSNKh, 1927, 24 p.
- [6] Materialy gazety «Pravda» o trekh sovetskikh kosmicheskikh raketakh [Materials from the newspaper “Pravda” about three Soviet space rockets]. *Epizody kosmonavtiki* [website] Available at: <https://epizodyspace.ru/bibl/mater-luna1-3/02.html#02> (accessed July 5, 2025).
- [7] *Istoriya razvitiya otechestvennoy nazemnoy raketno-kosmicheskoy infrastruktury* [History of the development of domestic ground-based rocket and space infrastructure]. Vol. 1. Moscow, Stolichnaya entsiklopediya Publ., 2017, 504 p.
- [8] Andreev L.V., Konyukhov S.N. *Yangel. Uroki i nasledie* [Yangel. Lessons and heritage]. Dnepropetrovsk, Art-Press, 2001, 522 p.
- [9] *Rakety i kosmicheskie apparaty konstruktorskogo byuro «Yuzhnoe»* [Rockets and spacecraft of the Yuzhnoye design bureau]. Dnepropetrovsk, GKB «Yuzhnoe» im. M.K. Yangelya, 2000, 239 p.
- [10] *Istoriya otechestvennogo raketostroeniya. Ser. Istoriya otechestvennoi raketno-kosmicheskoy nauki i tekhniki* [History of domestic rocket science. Series: History of domestic rocket and space science and technology]. Vol. 1. Moscow, Stolichnaya entsiklopediya Publ., 2024, 752 p.
- [11] Gubanov B.I. *Triumf i tragediya «Energii». Razmyshleniya glavnogo konstruktora. V 4 t. T. 2: Kosmos priotkryvaet dveri* [The Triumph and Tragedy of Energia. Reflections of the Chief Designer. In 4 vols. Vol. 2: Space Opens Its Doors]. Nizhny Novgorod, Nizhegorodsky institut ekonomicheskogo razvitiya Publ., 1998, 240 p.
- [12] Polyachenko V.A., Nesterov V.E. *Universalnaya ballisticheskaya raketa UR-200* [UR-200 universal ballistic missile]. In: *Istoriya otechestvennogo raketostroeniya. Ser. Istoriya otechestvennoi raketno-kosmicheskoy nauki i tekhniki* [History of domestic rocket science. Series: History of domestic rocket and space science and technology]. Vol. 1. Moscow, Stolichnaya entsiklopediya Publ., 2024, pp. 182–192.
- [13] Shubin P.S. *Raketnaya kosmicheskaya sistema N1-L3* [Space rocket system N1-L3]. *Albom*. Kemerovo, Publisher P.S. Shubin, 2018, 48 p.
- [14] Tverdovsky V.N. *Kosmodrom* [Cosmodrome]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976, 160 p.
- [15] Glushko V.P., ed. *Kosmonavtika: Entsiklopediya* [Cosmonautics: Encyclopedia]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1985, 528 p.
- [16] Frolov K.V., ed. *Mashinostroenie. Enciklopediya in 40 ts.* [Mechanical Engineering: A 40-volume Encyclopedia]. T. IV-22: *Raketno-kosmicheskaya tekhnika* [Vol. IV-22: Rocket and space technology]. In 2 books. Book 1. V.P. Legoctaev, ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2012, 925 p.
- [17] Gubanov B.I. *Triumf i tragediya «Energii». Razmyshleniya glavnogo konstruktora. V 4 t. T. 3: «Energiya» — «Buran»* [The Triumph and Tragedy of Energia. Reflections of the Chief Designer. In 4 vols. Vol. 3: “Energia” — “Buran”]. Nizhny Novgorod, Nizhegorodsky institut ekonomicheskogo razvitiya Publ., 1998, 432 p.
- [18] Baklanov O.D. *Kosmos — moya sudba. Zapiski iz «Matrosskoy tishiny»* [Space is my destiny. Notes from “Matrosskaya Tishina”]. In 2 vols. Vol. 2. Moscow, OSLN, 2012, 864 p.
- [19] Stromsky I.V. *Kosmicheskie porty mira* [Space ports of the world]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1996, 112 c.
- [20] Makarov A.A. *Sozдание universalnogo kompleksa stend-start na kosmodrome Baikonur dlya otrabotki raket-nositeley tyazhelogo klassa s ispolzovaniem vodorodnogo topliva* [The creation of a universal testbed-launch complex at the Baikonur Cosmodrome for testing heavy-class launch vehicles using hydrogen

- fuel]. *Mezhdunarodny nauchny zhurnal Alternativnaya energetika i ekologiya — International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE)*, 2008, no. 3, pp. 24–28.
- [21] Barmin I.V., ed. *Tekhnologicheskie obekty nazemnoy infrastruktury raketno-kosmicheskoy tekhniki: Inzhenernoe posobie* [Technological objects of ground infrastructure of rocket and space technology: an engineering manual]. In 2 books Book 1. Moscow, Poligrafiks RPK, 2005, 416 p.
- [22] *Avtomatizirovanny nazemny kompleks kosmicheskoy rakety «Zenit»* [Automated ground complex of the Zenit space rocket]. video Available at: https://vk.com/video-43241230_456240801 (accessed July 5, 2025).
- [23] Konyukhov S.N., red. *Prizvany vremenem. Ot protivostoyaniya k mezhdunarodnomu sotrudnichestvu* [Called by the times. From confrontation to international cooperation]. Dnepropetrovsk, ART-PRESS, 2004, 768 p.
- [24] *Soglasenie mezhdru Pravitelstvom Rossiyskoy Federatsii i Pravitelstvom Frantsuzskoy Respubliki o dolgosrochnom sotrudnichestve v oblasti razrabotki, sozdaniya i ispolzovaniya raket-nositely i razmeschenii rakety-nositelya “Soyuz-ST” v Gvianskom kosmicheskom centre* [Agreement between the Government of the Russian Federation and the Government of the French Republic on long-term cooperation in the field of development, creation and use of launch vehicles and the deployment of the Soyuz-ST launch vehicle at the Guiana Space Centre]. Available at: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/46285/ 24.02.2025 (accessed July 5, 2025).
- [25] *Soglasenie mezhdru Pravitelstvom Rossiyskoy Federatsii i Pravitelstvom Soedinennykh Shtatov Ameriki o merakh po okhrane tekhnologiy v svyazi s deyatelnostyu v ramkakh proekta «Morskoy start»* [Agreement between the Government of the Russian Federation and the Government of the United States of America on measures to protect technology in connection with activities within the framework of the Sea Launch project]. Available at: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/45905/ (accessed July 5, 2025).
- [26] *Soglasenie mezhdru Pravitelstvom Rossiyskoy Federatsii i Pravitelstvom Respubliki Kazakhstan o sozdanii na kosmodrome «Baykonur» kosmicheskogo raketnogo kompleksa «Bajterek»* [Agreement between the Government of the Russian Federation and the Government of the Republic of Kazakhstan on the creation of the Baiterek space rocket complex at the Baikonur Cosmodrome]. Available at: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/international_contracts/international_contracts/2_contract/53693/ (accessed July 5, 2025).
- [27] *Kompleks posadki i obsluzhivaniya. Spravochnik po terminologii v oboronnoy sfere* [Landing and Servicing Complex. Defense Terminology Handbook]. Available at: <https://dictionary.mil.ru/folder/123087/item/130195/> (accessed July 5, 2025).
- [28] Aleksandrov A.A., Barmin I.V., Denisov O.E., Chugunkov V.V. Innovatsionnye napravleniya v razvitii i ekspluatatsii nazemnoi kosmicheskoi infrastruktury tekhnicheskikh kompleksov kosmodromov [Innovative trends in the development and operation of space ground-based infrastructure at technical areas of cosmodromes]. *Inzhenerny zhurnal: nauka i innovatsii — Engineering Journal: Science and Innovation*, 2018, iss. 5. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2018-5-1765>
- [29] *Kosmicheskiiy raketnyi kompleks «Amur». Perspektivy razvitiya* [Amur space rocket complex. Development prospects]. *Roskosmos*. Available at: <https://www.roscosmos.ru/33785/> (accessed July 5, 2025).
- [30] *Kosmicheskiiy raketnyi kompleks «Amur-SPG»* [Amur-SPG space rocket complex]. *JS RSC «Progress»*. Available at: <https://www.samspace.ru/about/programs/540/19679/> (accessed July 5, 2025).

- [31] TsENKI: stroitelstvo ploschadki dlya mnogorazovoy rakety «Amur SPG» možno nachat v 2026 godu [TsENKI: construction of a site for the reusable Amur-LNG rocket could begin in 2026]. *Roskosmos*. Available at: <https://www.roscosmos.ru/40403/> (accessed July 5, 2025).
- [32] Bezotkaznaya, kak avtomat Kalashnikova: metanovaya raketa «Amur» [As reliable as a Kalashnikov assault rifle: the methane rocket “Amur”]. *Roskosmos*. Available at: <https://www.roscosmos.ru/29357/> (accessed July 5, 2025).
- [33] Soyuz-5 i Amur-SPG s odnogo startovogo stola na Vostochnom [Soyuz-5 and Amur-SPG from the same launch pad at Vostochny]. *Novosti kosmonavtiki*. Available at: <https://forum.novosti-kosmonavtiki.ru/index.php?topic=25141.0> (accessed July 5, 2025).
- [34] Kommercheskiy Khaynan otkryvayet schet [Commercial Hainan Opens Account]. *Novosti kosmonavtiki*. Available at: <https://novosti-kosmonavtiki.ru/articles/206204/> (accessed July 5, 2025).
- [35] Igritskiy V.A., Igritskaya A.Yu. Razrabotka tekhnologii transportirovki i podgotovki k puskú perspektivnogo malogo razgonnogo bloka [Development of technology for transportation and preparation for launch of a promising small upper stage]. In: *XLVIII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike, posvyashhennye pamyati akademika S.P. Korolyova i drugikh vydayuschikhsya otechestvennykh uchenykh — pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva (Moskva, 23–26 yanvarya 2024 goda): sbornik tezisov* [XLVIII Academic Readings on Cosmonautics, dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists — pioneers of space exploration (Moscow, January 23–26, 2024): collection of abstracts]. In 3 vols. Moscow, BMSTU-Press, 2024, vol. 2, pp. 93–95.
- [36] Nesterov V.E. *Kosmicheskii raketnyy kompleks «Angara». Istoriya sozdaniya* [The Angara space rocket complex. History of its creation]. Moskva, Remarko Publ., 2018, 1008 p.
- [37] Igritskiy V.A. Otsenka vozmozhnosti sozdaniya startovykh kompleksov raket kosmicheskogo naznacheniya sverkhtyazhelogo klassa s ispolzovaniyem plavuchikh i naplavnykh tekhnologicheskikh sooruzheniy i agregatov [Evaluation of the feasibility of creating launch complexes for super-heavy-duty space rockets using floating and pontoon-based technological structures and units]. In: *XLIII Akademicheskie chteniya po kosmonavtike, posvyashhennye pamyati akademika S.P. Korolyova i drugikh vydayuschikhsya otechestvennykh uchenykh — pionerov osvoeniya kosmicheskogo prostranstva (Moskva, 29 yanvarya – 1 fevralya 2019 goda): sbornik tezisov*. [XLIII Academic Readings on Cosmonautics, dedicated to the memory of Academician S.P. Korolev and other outstanding Russian scientists — pioneers of space exploration (Moscow, January 29 – February 1, 2019): collection of abstracts]. In 4 vols. Moscow, BMSTU-Press, 2019, vol. 1, pp. 331–332.
- [38] Kuznetsov Yu.L. Proektno-ballisticheskiy analiz perspektiv primeneniya odnostupenchatoy rakety-nositelya dlya snabzheniya orbitalnoy stantsii na solnechno-sinkhronnoy orbite [Design and ballistic analysis of the prospects of using a single-module launch vehicle to supply an orbital station in a sun-synchronous orbit]. *Trudy MAI*, 2023, no. 129. DOI: 10.34759/trd-2023-129-25
- [39] Badikov G.A., Falko S.G. Ekonomicheskoe modelirovanie zatrat na zapusk kosmicheskoy sistemy [Economic modeling of the costs of launching a space system]. *Ekonomika kosmosa — Space Economics*, 2022, no. 2, pp. 66–74. DOI: 10.48612/agat/space_economics/2022.01.02.09
- [40] Stahl H.P., Hopkins R.C., Schnell A., Smith D.A., Jackman A., Warfield K.R. Designing astrophysics missions for NASA’s Space Launch System. *Journal of*

Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 2016, 2(4), 041213. DOI: 10.1117/1.JATIS.2.4.041213

[41] Donahue B.B. Future Missions for the NASA Space Launch System *AIAA Propulsion and Energy 2021 Forum*. AIAA 2021-3266, 2021. DOI: 10.2514/6.2021-3266

[42] Shkolniki otpravyatsya v besplatnye obrazovatelnye tury [Schoolchildren will go on free educational tours]. *Rossiyskaya gazeta*. Available at: <https://rg.ru/2024/09/26/letim-na-kosmodrom.html> (accessed July 5, 2025).

Igritsky V.A., Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Department of Launch Rocket Systems, Bauman Moscow State Technical University. Areas of scientific interests: ground equipment for rocket and space technology, spacecraft and educational space technologies. e-mail: igritsky_v_a@bmstu.ru