

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ «МАЛОГО» КОСМОСА НА КОСМОДРОМЕ «ПЛЕСЕЦК». ПРОБЛЕМЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

© 2009 В. В. Коротков, А. В. Виноградов

Космодром «Плесецк»

Проведен исторический обзор становления и развития «малого» космоса на космодроме «Плесецк». Выделена его ведущая роль в создании многоэлементных низкоорбитальных группировок, в первую очередь, военного назначения. Сделан обоснованный вывод, что в таких областях, как космическая связь, дистанционное зондирование Земли, научные исследования и отработка технологий, очевидна тенденция преимущественного использования малых космических аппаратов в составе многоэлементных низкоорбитальных группировок. Сформулированы основные признаки космической суперсистемы и выделены основные перспективные разработки в таких направлениях, как ведомственные спутниковые системы связи, космические системы оптико-электронной, радиотехнической, радиолокационной разведки, экологического мониторинга и геодезии.

Космическая система, космический комплекс, космический аппарат, технический комплекс, стартовый комплекс.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

КС - космическая система;
 КК - космический комплекс;
 КА - космический аппарат;
 РН - ракета – носитель;
 ТК - технический комплекс;
 СК - стартовый комплекс;
 КСр - космические средства;
 ОГ - орбитальная группировка;
 МКА - малый космический аппарат;
 ССС - спутниковая система связи;
 УКП - унифицированная космическая платформа.

Освоение космического пространства – величайшее научно-техническое достижение человечества в XX веке. Вслед за Россией и США в космический марафон включились многие государства, число которых уже превосходит 150. Космонавтика, благодаря глобальности средств, их высокой оперативности, огромной информативности, разнообразию областей практического применения, предоставляет колоссальные возможности для решения как мировых, так и региональных социально-экономических и научно-технических проблем [1].

В полной мере осознавая широкие возможности использования космоса в военных целях, космическое пространство с самого начала его освоения рассматривалось как область жизненно важных геополитических интересов государства. Это в первую очередь:

- осуществление контроля космического пространства (ККП);
- ведение боевых действий из космоса против морских, воздушных и ракетных сил противника;
- повышение боевых возможностей своих вооруженных сил (ВС);
- осуществление обеспечения боевых действий из космоса.

Под космическими системами (КС) военного назначения следует понимать любую спутниковую систему, полностью либо преимущественно предназначенную для обеспечения функционирования ВС в мирное время или в боевых условиях.

По характеру выполняемых функций КС военного назначения можно разделить на 3 основные группы: боевые, разведывательные и вспомогательные.

Боевые КС предназначены непосредственно для поражения целей в космосе или на Земле.

Разведывательные КС обеспечивают наблюдение за деятельностью противостоящей стороны, позволяя отслеживать как постепенные изменения общего стратегического потенциала, так и оперативные локальные перегруппировки сил.

Вспомогательные КС предназначены для обеспечения связи, навигации и выполнения других задач, не являющихся специфически военными, но тем не менее жизненно

но важных для выполнения ВС своих боевых задач.

Эффективность функционирования любой из этих систем зависит и определяется эффективностью ее составных частей, и в первую очередь космического сегмента, включающего космические аппараты (КА) соответствующего целевого назначения.

С момента перехода от единичных запусков КА к созданию полноценных орбитальных группировок (ОГ) с конкретными целевыми функциями сложилась четкая классификация КА по их весовым характеристикам: микроспутники, миниспутники, малые КА (МКА), большие КА, позднее - наноспутники, пикоспутники и даже фемтоспутники. За каждой из приведенных групп закрепились вполне конкретные задачи и области применения.

МКА оказались наиболее эффективными в составе многоэлементных низкоорбитальных группировок систем спутниковой связи (ССС), навигации, геодезии, метеорологии, радиотехнической разведки (РТР), калибровки средств противовоздушной и противоракетной обороны и контроля космического пространства (ПВО, ПРО и ККП), а также дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), научных исследований и отработки различных технологий в космосе [2].

Уже в 1967 году с космодрома «Плесецк» РН «Космос-2» были запущены первые КА малого класса ДС-П1-И и ДС-П1-Ю. КА были созданы на базе унифицированной платформы ДС-П1 («Днепропетровский спутник») разработки КБ «Южное» г. Днепропетровска и предназначались для калибровки средств ПВО и ПРО страны. Спутники данного класса выводились на низкие слегка вытянутые орбиты, распадающиеся по высоте апогея на три группы: 500-600 км, 800-870 км, 1200-2200 км.

Однако для создания более сложной целевой помеховой обстановки, характеризующейся наличием в боевых порядках имитируемых боевых целей калибровочных элементов с различными отражательными характеристиками, имитаторов телеметрической информации и источников активных по-

мех, требовалось большее разнообразие КА этого класса.

В 1974 году был запущен КА «Вектор». С конца 70-х годов в эксплуатацию вводится новый космический комплекс (КК) на базе КА «Ромб» и «Юг». КА «Ромб» в ходе полета периодически отделял группы эталонных объектов, которые и использовались для калибровки радиолокационных и оптических станций слежения. КА «Юг» представлял собой полый металлический шар без бортовой аппаратуры. Слежение за такими пассивными зондами позволяло определять вариации плотности верхних слоев атмосферы, которая значительно, иногда многократно, меняется в зависимости от времени года, суток и состояния солнечной активности и влияет на точность управления полетами спутников и баллистических ракет.

С 1970 года с космодрома «Плесецк» для отработки боевых противоспутниковых систем начинают запускаться МКА – мишени ДС-П1-М. КА представлял собой малогабаритный спутник-мишень в виде многогранника с максимальным диаметром 1.4 метра и предназначался для отработки комплекса первого поколения «Истребитель спутников» («ИС») с радиолокационным методом определения местоположения цели. С середины 70-х годов проводились испытания модернизированных комплексов второго поколения как с радиолокационным, так и с тепловым способом определения местоположения цели. Для их отработки с космодрома «Плесецк» запускались МКА – мишени «Лира». Последнее испытание противоспутниковых систем состоялось 18 июля 1982 года, а 18 августа 1983 года советское руководство объявило о прекращении противоспутниковых испытаний.

В 1967 году с космодрома «Плесецк» на орбиту был выведен первый отечественный навигационный спутник «Космос-192» (КА «Циклон»).

Характерной чертой радионавигационных КС первого поколения являлось применение низкоорбитальных КА и использование для измерения навигационных параметров объекта сигнала одного видимого в дан-

ный момент КА. На основе элементов этой системы создаются несколько низкоорбитальных навигационных КС.

В 1973 году начинается создание навигационно-связной системы «Циклон-Б». В 1974 году она принимается на вооружение. Основным элементом этой системы стал КА «Парус». Данная система успешно эксплуатируется по настоящее время.

В 1976 году в эксплуатацию вводится низкоорбитальная доплеровская навигационная КС «Цикада» с некорректируемыми в пространстве одноименными КА «Цикада», которая обеспечивала глобальную навигацию судов ВМФ и гражданских судов.

30 июня 1982 года в СССР был произведен запуск КА «Космос-1383». Он положил начало созданию новой международной навигационной КС «КОСПАС-SARSAT» для определения местоположения судов и самолетов, потерпевших аварию. На борту КА «Цикада» в дополнение к штатной специальной аппаратуре была установлена экспериментальная система определения местоположения судов и самолетов, терпящих бедствие. Позднее советская часть проекта КОСПАС получила название КС «Надежда».

В 1967 году с космодрома «Плесецк» начинается развертывание КС РТР «Целина». В ее состав вошли КА «Целина-О» и «Целина-Д».

КА «Целина-О» предназначался для проведения обзорных радиотехнических наблюдений. Он был неориентируемый, оригинальной конструкции, с использованием некоторых узлов ранее созданных КА типа «ДС», с солнечными источниками питания.

Целевым назначением КА «Целина-Д» являлось ведение детальных радиотехнических измерений с помощью бортовой аппаратуры путем приема, анализа и высокоточной привязки к местности источников радиотехнических сигналов.

Использование средств РТР в военной сфере позволяло в сочетании с другими методами разведки получать более полную картину размещения вооружений на территориях, принадлежащих противнику, а также вести контроль за активностью, которая может угрожать национальной безопасности.

Зачастую использование КА РТР является единственным способом получения конфиденциальной информации о противнике.

МКА нашли свое применение в КС связи, не требующих установления длительной двусторонней связи. Такие КА-ретрансляторы работают в режиме «запись-воспроизведение», когда принимаемый от наземного пользователя сигнал записывается в бортовом запоминающем устройстве, а затем в заданное время или по команде с Земли воспроизводится и передается в зоне видимости второго абонента. Основное назначение такой системы – ретрансляция не самых срочных сообщений.

С 1970 года с космодрома «Плесецк» начались запуски КА низкоорбитальных КС «Стрела-1М» и «Стрела-2М». Запуски КА «Стрела-1М» проводились сразу по восемь КА на орбиты высотой около 1500 км и наклонением 74° , что обеспечивало охват всей территории, на которой могли находиться их пользователи. При запуске КА поочередно отделялись от второй ступени носителя. КА «Стрела-2М» выводились по одному РН «Космос-3М».

В 1973 году НПО ПМ начало разработку КС ведомственной связи «Стрела» на базе унифицированного ряда спутников связи КАУР-1, предназначенной для замены комплексов, разработанных в 1960-х годах. Комплекс предназначен для передачи телеграфной информации между периферийными и центральными пунктами с использованием КА в качестве активных ретрансляторов. Вначале КА запускались группами по шесть на РН «Циклон-3», с 2002 года РН «Космос-3М» по 2 КА, а с 2008 года РН «Рокот» по 3 КА.

С 2005 года началось развертывание системы ведомственной связи на базе КА нового поколения. Элементы этой системы позволят увеличить скорость обмена информацией между абонентами и объем передаваемой информации. Кроме этого, значительно увеличен срок активного существования (САС) КА на орбите (до 5 лет) благодаря активной системе ориентации и коррекции орбиты КА. Первый запуск КА этого типа осуществлен РН «Космос-3М» в 2005 году,

далее запуски планируется проводить РН «Рокот».

Для проведения измерений параметров нормального поля Земли, уточнения размеров земного эллипсоида, уточнения гравитационного поля Земли с 1968 года с космодрома «Плесецк» запускаются КА «Сфера». С 1981 года начинает формироваться полноценная геодезическая система, космическим элементом которой стали автоматические КА «Эридан» («Гео-ИК»). КК получил название «Муссон». Для решения задачи построения мировой геодезической сети на КА использовались методы орбитальных и космических измерений, для чего на борту спутника была установлена доплеровская система измерения радиальной составляющей скорости, ретранслятор системы измерения наклонной дальности, оптические уголкового отражатели для наземной лазерной аппаратуры измерения дальности и система световой сигнализации, позволяющая производить серии вспышек, фотографируемых наземными фотоастрономическими установками на фоне звездного неба.

Уточнение гравитационного поля Земли осуществлялось с помощью высокоточного радиовысотомера.

Параллельно с военными космическими программами на космодроме «Плесецк» на базе МКА интенсивно реализовывались космические проекты природоресурсного направления, прикладные и научные космические программы, в том числе в рамках международного сотрудничества.

В 1983 - 1986 гг. были реализованы крупномасштабные натурные работы с экспериментальными спутниками «Океан-ОЭ», на которых впервые в отечественной и мировой практике реализован режим комплексного наблюдения Земли, обеспечивающий одновременное получение радиолокационных, радиотепловых и оптических изображений в совмещенной полосе обзора, а также оперативную передачу этих данных с борта КА в центры приема информации и непосредственно потребителям на автономные пункты приема информации.

В 1986 году начались летные испытания с опытной эксплуатацией космической

подсистемы «Океан-О» первого этапа – «Океан-О1». Бортовая аппаратура КА «Океан-О1» предназначалась для проведения океанографических исследований из космоса и ведения ледовой разведки в полярных широтах независимо от погодных условий, сезона и времени суток, с целью повышения безопасности мореплавания и выбора оптимальных маршрутов проводки судов на трассе Северного морского пути с целью продления навигации вплоть до круглогодичной.

Дальнейшее развитие природоресурсное направление работ получило в рамках Общегосударственной (национальной) космической программы Украины (космическая система «Сич»). Эта программа реализована запусками КА «Сич-1» и «Сич-1М» в 1995 и в 2005 годах соответственно.

С космодрома «Плесецк» запускались и запускаются отечественные радиолобительские, научные, прикладные и коммуникационные спутники серии «РС», «Ионосферная лаборатория», «Обзор» (для проведения комплексного натурального эксперимента «Обзор» с целью отработки основных элементов и принципов системы ККП «Строй» и ее программно - алгоритмического обеспечения), «Информатор-1» (для ведения геологической разведки), «Гонец» (для организации спутниковой связи и передачи данных, в том числе «электронной почты»), «Ларец» (для калибровки наземных геодезических станций), «Монитор-Э» (ДЗЗ).

Космодром имеет богатый опыт международного сотрудничества.

Для реализации совместных международных научных экспериментов с конца 60-х годов использовались малые унифицированные космические платформы (УКП) ДС-У. Применение уже отработанных малых УКП позволило в кратчайшие сроки начать осуществление широкомасштабной комплексной программы космических исследований (программа «Интеркосмос»).

С середины 70-х годов для этих целей стали использоваться две модификации автоматической универсальной орбитальной станции с ориентацией на Землю (АУОС-3) и на Солнце (АУОС-СМ). Станции стали базовыми платформами для создания целевых

исследовательских аппаратов путем оснащения их соответствующими бортовыми комплексами научной аппаратуры. КА вначале выводились на орбиты ракетой-носителем (РН) «Космос-3М», а затем РН «Циклон-3» с космодрома «Плесецк».

К 1990 году в составе ОГ России функционировали следующие полноценные низкоорбитальные космические комплексы и системы на базе МКА, которые готовились на ТК космодрома «Плесецк»:

- КК для калибровки и юстировки средств ПВО, ПРО и ККП;
- КС геодезического обеспечения «Муссон»;
- космические навигационно-связные системы «Циклон-Б», «Цикада» и «Надежда»;
- КС РТР «Целина-Д».

К середине 1990-х годов финансирование космической деятельности в целом в РФ снизилось в десятки раз, что составляло в абсолютном выражении доли процентов от объемов финансирования аналогичных программ США, а к концу 90-х назрела объективная необходимость принятия кардинальных мер по восстановлению ОГ России и особенно ее военного сегмента, так как это напрямую влияло на степень обороноспособности страны. Первый шаг в этом направлении уже сделан. Принята Федеральная космическая программа России на 2006-2015 годы.

В ней отмечено, что в силу негативных экономических условий, сложившихся в конце XX столетия, российская ОГ КА военного, социально-экономического и научного назначения отстает в своем развитии от уровня, требуемого для полного решения задач в интересах военной, социально-экономической сферы, науки и международного сотрудничества.

При восстановлении ОГ уже сегодня необходимо сформулировать основные научно-обоснованные направления развития космонавтики на ближайшую и отдаленную перспективу.

Среди объективных тенденций развития мирового космоса в первой половине XXI века следует отметить следующие:

- очевидными остаются приоритеты развития орбитальных средств связи и наблюдения Земли;

- существует устойчивая тенденция увеличения использования МКА во всех областях космической деятельности;

- очевидным является значительное увеличение числа КС, используемых в области ближнего космоса.

Если обобщить все это, то можно сделать вывод, что в таких областях, как космическая связь, ДЗЗ (в том числе оптико-электронная, радиотехническая и радиолокационная разведка), научные исследования и отработка технологий очевидна тенденция преимущественного использования МКА в составе многоэлементных низкоорбитальных группировок.

Экономическая целесообразность использования МКА по сравнению с большими КА определяется следующими факторами:

- низкой стоимостью на разработку и создание МКА и ОГ, сравнительно короткими сроками на разработку и изготовление, максимальным экономическим эффектом в минимальные сроки;

- возможностью мелкосерийного производства и освоением технологии производства небольшими фирмами;

- снижением риска больших финансовых потерь в случае аварий;

- высокой оперативностью развертывания группировок и наращиванием систем при изменениях военно-политической обстановки, чрезвычайных ситуациях и других случаях;

- возможностью использования мобильных стартовых комплексов (СК) для запуска МКА и оперативным пополнением ОГ;

- возможностью оперативного реагирования на текущие требования пользователя (заказчика);

- высокой готовностью к модернизации проекта в целом или его составляющих под специфические задачи, быстрым внедрением в проекты передовых технологий;

- эффективной оптимизацией орбитальных параметров МКА под конкретную задачу;

- отсутствием риска отрицательного взаимовлияния целевой аппаратуры (из-за ограниченной, как правило, номенклатуры целевой аппаратуры);

- возможностью и относительной легкостью для повторения, развития или продолжения проекта в будущем;

- возможностью внедрения в многоспутниковые космические коммерческие системы тщательно легендируемых КА военного назначения.

Низкие орбиты позволяют [3]:

- развернуть КС в виде сети, что существенно расширяет ее информационные возможности;

- существенно уменьшить расходы на формирование и эксплуатацию ОГ, делает возможным ее оперативное развертывание с помощью групповых выводов;

- использовать в глобальном масштабе малогабаритную терминальную аппаратуру;

- поставить на рынок новые привлекательные информационные услуги - высокоскоростную персональную фиксированную спутниковую и глобальную персональную подвижную связь по ценам, приемлемым для широкого круга пользователей;

- организовать персональное обслуживание ОГ при минимальных энергетических затратах потребителя;

- обеспечить рассредоточенность негеостационарных спутников над поверхностью Земли, что позволит организовать работу пользователей при больших углах возвышения ретрансляторов практически в любой точке земной поверхности;

- многовариантное построение ОГ и отличающееся количеством используемых в них КА, структурой построения, высотой и наклоном орбит;

- рассматривать в качестве задела на развитие системы избыточность КА в космической группировке.

Конечно, низкоорбитальные КС на базе МКА уступают высокоэллиптическим или геостационарным системам по оперативности, однако избыточность такой распределенной системы делает ее менее уязвимой. Потеря одного или даже нескольких МКА практически не сказывается на операционных характеристиках системы, что особенно важ-

но при ведении боевых действий.

Достоинства низкоорбитальных группировок на базе МКА в сочетании с высокоширотным расположением космодрома «Плесецк», позволяющим выводить КА на приполярные орбиты, делает его в самое ближайшее время наиболее перспективным в плане восполнения ОГ России, причем некоторые из КС на базе тяжелых КА (в том числе запускаемые до недавнего времени с космодрома «Байконур») могут быть с успехом заменены на низкоорбитальные КС на базе МКА.

Для России и прилегающих к ней территорий для глобальных систем связи, ДЗЗ, метеонаблюдения наиболее выгодными с точки зрения минимизации количества КА оказываются группировки на полярных (90°) и близких к ней (83° ; 74°) орбитах. Это касается и равномерности покрытия, где спутниковые системы, базирующиеся на КА с наклонными орбитами, наиболее эффективны.

Таким образом, одним из самых перспективных направлений развития КС различного назначения является переход к широкому использованию низкоорбитальных систем на круговых орбитах высотой 750-1500 км, объединенных в многоспутниковую систему с числом спутников до нескольких десятков. За счет охвата земной поверхности зонами видимости большого числа низкоорбитальных спутников, выбора наклона их орбит и возможности использования межспутниковых каналов в низкоорбитальных многоспутниковых системах обеспечиваются глобальность, оперативность и устойчивость выполнения задачи. При этом необходимый энергетический потенциал обеспечивается при использовании малогабаритной наземной и бортовой терминальной аппаратуры, и потребитель перестает быть зависимым от базовых земных станций, как это имеет место в спутниковых системах с высокоорбитальными средствами.

При этом уже сейчас необходимо учитывать, что современные космические средства должны быть не просто набором отдельных КС различного функционального назначения, а составлять единую в своем роде информационную суперсистему, элементы которой должны усиливать и дополнять друг

друга. Основными признаками такой суперсистемы должны быть: функциональная полнота (более 90% всей необходимой информации получается от самой спутниковой группировки), глобальность в пространстве и во времени предоставления информации, высокий и однородный технологический уровень КС и, наконец, отработанность на практике линий связи и интерфейсов передачи данных, обученность потребителей и востребованность ими космической информации [4].

Первым и пока единственным в мире такую суперсистему удалось создать США, в результате чего именно она стала одним из столпов, на который опирается боевая мощь американских ВС, а также их мобильность и эффективность действий по всему миру.

Кроме того, сегодня на повестке дня стоит не менее сложная задача, чем восполнение ОГ до необходимого уровня, – выстроить систему доведения результатов космической деятельности до конечных потребителей. Совершенно очевидно, что космическая деятельность имеет смысл только в том случае, если будет приносить конкретные практические результаты всем, кому они необходимы.

Перечисленные преимущества КС с использованием МКА с учетом современных требований позволят реализовать высокотехнологичные, недорогие, быстровыполнимые и легко модернизируемые проекты КС, мак-

симально учитывающие требования потенциальных потребителей (заказчиков). Низкие стоимость и риск реализации данных проектов делают их весьма привлекательными для реализации военных космических программ.

Предполагается, что КС военного назначения на основе МКА, запущенных с космодрома «Плесецк», смогут обеспечить решение до 50% задач военного времени. При этом большинство таких систем должно быть предназначено для информационного обеспечения непосредственно командиров оперативно-тактического уровня.

Выводы:

- для решения задачи скорейшего восполнения ОГ России до уровня, требуемого для полного решения задач в интересах военной, социально-экономической сфер и науки с минимальными затратами и в кратчайшие сроки, целесообразно делать ставку на низкоорбитальные КС различного назначения на базе МКА, считая их важным и равноценным дополнением геостационарным и высокоэллиптическим группировкам на базе больших КА;

- высокоширотное расположение космодрома «Плесецк», а также созданная и годами отлаженная экспериментально-испытательная база делает его оптимальным для вывода МКА различного назначения на низкие приполярные орбиты РН легкого класса «Космос-3М», «Рокот», а в перспективе и «Ангара».

6 с. (интернет – статья НПО «Орион»).

References

Библиографический список

1. Меньшиков В. А. Концепция развития военной космонавтики в условиях реформирования ВС РФ. – Москва, 2005. – 12 с. (интернет-статья НИИ космических систем).
2. Невдяев Л. М. Основные характеристики негеостационарной группировки. – Санкт-Петербург, 2006. – 14 с. (интернет – статья).
3. Семенов В. Л. Общие принципы построения спутниковых систем связи. – 1998. – 38 с. (интернет – статья).
4. Стреш С. В. Технологические проблемы и направления исследований в области создания перспективных космических систем нового поколения. – Москва, 2006. –

1. Menshikov V.A. Concept of military cosmonautics development in the course of reformation of the Armed Forces of the Russian Federation. Moscow, 2005. – p. 12.
2. Nevdyayev L.M. Major characteristics of non-geostationary groupings. Saint Petersburg, 2006. – p. 14.
3. Semenov V.L. General principles of satellite communication system construction. 1998. – p. 38.
4. Strezh S.V. Technological problems and research trends related to new generation advanced space systems implementation. Moscow, 2006. – p. 6.

HISTORY OF SMALL SPACE VEHICLE PROGRESS AND DEVELOPMENT AT PLESETSK COSMODROME. CURRENT PROBLEMS OF FURTHER DEVELOPMENT

© 2009 V. V. Korotkov, A. V. Vinogradov

Plesetsk Cosmodrome

A historical survey of small space vehicle progress and development at Plesetsk cosmodrome has been carried out. Its leading role in the creation of multielement low-orbit groups intended primarily for military purposes is isolated. A justified conclusion has been made that the tendency to use small space vehicles as part of multicomponent low-orbit groups is obvious for such areas as space communication, remote Earth sounding, scientific research and developing technologies. The main properties of a space supersystem are formulated and major promising developments in such areas as departmental satellite communication systems, space systems of optoelectronic, radioengineering and radar reconnaissance, ecological monitoring and geodesy are specified.

Space system, space complex, space vehicle, technical complex, launch complex.

Информация об авторах

Коротков Виталий Валериевич, начальник отдела, космодром «Плесецк». Область научных интересов - проблемы испытаний малых космических аппаратов на технических и стартовых комплексах космодрома. E-mail: viner@atnet.ru.

Виноградов Андрей Владимирович, начальник лаборатории, космодром «Плесецк». Область научных интересов - проблемы испытаний малых космических аппаратов на технических и стартовых комплексах космодрома. E-mail: viner@atnet.ru.

Korotkov, Vitaly Valeryevitch, head of department, Plesetsk cosmodrome. Area of research: problems of testing small space vehicles at technical and launch complexes of a cosmodrome. E-mail: viner@atnet.ru.

Vinogradov, Andrey Vladimirovitch, head of laboratory, Plesetsk cosmodrome. Area of research: problems of testing small space vehicles at technical and launch complexes of a cosmodrome. E-mail: viner@atnet.ru.