

УДК 623.41:621.039

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГОВООРУЖЁННОСТИ С ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ В ИНТЕРЕСАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

© 2010 Б.И. Полетаев, А.П. Ковалев, Е.Г. Лянной,
А.В. Романов, А.Ю. Павлов, Л.С. Бурьлов, А.А. Пикалёв

ФГУП "КБ "Арсенал", г. Санкт – Петербург

Радиолокационные комплексы имеют большие перспективы в качестве средств дистанционного зондирования Земли из космоса. Для их энергоснабжения, с учётом высокого уровня энергопотребления перспективной бортовой аппаратуры, целесообразно создание универсальной космической платформы повышенной энерговооружённости с ядерной энергетической установкой.

Радиолокатор, ядерная энергоустановка, космическая платформа

Решение перспективных задач в области освоения и использования космического пространства, в том числе дистанционного зондирования Земли из космоса, уже в ближайшей перспективе потребует повышения энерговооружённости и сроков активного существования космических аппаратов.

В настоящее время наиболее динамично развивающимися системами наблюдения Земли из космоса являются радиолокационные комплексы [1], которые способны успешно решать задачу информационного обеспечения самого широкого круга потребителей, в том числе государственных и региональных органов управления. Значение таких средств и масштабы их применения резко возросли в последние десятилетия. Это обусловлено не только возможностью контроля объектов и процессов вне зависимости от времени суток, но и рядом других уникальных преимуществ данной технологии.

К числу таких преимуществ следует отнести:

- способность (с увеличением длины волны зондирующего излучения) выявлять объекты и различные пространственно-неоднородные структуры под растительным покровом, снегом, льдом, а также в подповерхностном слое почвы, наносных

отложениях, осадочных или даже коренных породах;

- возможность к воспроизведению особенностей микроструктуры поверхности, детального воспроизведения макрорельефа и уклонов местности, других объемных структур естественного и искусственного происхождения;

- лучшая дешифрируемость сюжета за счёт использования информации, полученной в результате зондирования в нескольких диапазонах длин волн и использования специальных методов обработки первичной информации на борту;

- способность с высокой точностью определять изменения во взаимном положении элементов контролируемого сюжета за период, прошедший между двумя наблюдениями (независимо от длительности этого периода);

- возможность селектировать подвижные объекты или фрагменты поверхности и определять параметры их движения;

- чувствительность к вещественному составу контролируемых объектов, контроль за их загрязнением и водосодержанием;

- возможность получения полного набора поляриметрических характеристик изучаемых объектов

радикально увеличивающую объём и информативность добываемых данных;

- способность обнаруживать движущиеся под водой объекты и определять параметры их движения по структуре возмущённой водной поверхности.

Перечисленные выше возможности обусловлены следующими факторами:

- возможностью использования в космосе современных радиолокаторов ДЗЗ с синтезированной апертурой (РСА), обеспечивающих получение и анализ не только амплитудных, но и фазовых характеристик отражённого радиолокационного сигнала;

- применением длинноволнового зондирующего излучения, обладающего более высокой проникающей способностью в естественных средах (вода, земля и др.);

- возможностью анализа изменений параметров отражённого сигнала в зависимости от диэлектрических характеристик вещества объектов контроля;

- практически мгновенном перенацеливании зондирующего луча (3-10 мкс) по азимуту и углу места в бортовых РЛС на основе активных фазированных антенных решеток (АФАР) и др.

Эти достоинства могут быть полностью реализованы в процессе совершенствования традиционных или разработки принципиально новых системотехнических, инженерных, технологических, методических, алгоритмических решений в аппаратуре ДЗЗ, что позволяет рассматривать космические средства радиолокационного наблюдения как незаменимый инструмент эффективного решения задач социально-экономического и научного характера, а при необходимости и военного.

Подтверждением этому служит, неуклонное увеличение абсолютного количества уже эксплуатируемых и разрабатываемых радиолокационных

комплексов космического базирования, по сравнению с аналогичными средствами наблюдения оптического диапазона. Об этом же говорит и интенсивное расширение клуба стран, ведущих разработки радиолокационных комплексов дистанционного зондирования Земли гражданского и двойного назначения, а также впечатляющие успехи, достигнутые в деле практического использования уже реализованных проектов.

Одним из перспективных направлений в дистанционном зондировании Земли является создание многоканальных многоспектральных бортовых целевых комплексов, объединяющих несколько активных и пассивных каналов получения информации.

В качестве основного активного канала рассматривается многочастотный РСА с активной фазированной антенной решёткой, который комплексирован с различной бортовой аппаратурой оптико-электронного наблюдения. Такие комплексы позволят решить задачу совместной обработки оптикоэлектронной и радиолокационной информации с целью получения «спектральных» портретов наблюдаемых объектов.

Для решения ряда специальных задач также целесообразно введение в состав бортового целевого комплекса средств радио и радиотехнического мониторинга.

Космические аппараты с многоканальными многоспектральными бортовыми целевыми комплексами ДЗЗ способны эффективно решать следующие задачи:

- оперативный контроль порядка использования исключительной экономической зоны России с целью пресечения несанкционированной добычи морских экоресурсов;

- поиск транспортных средств, потерпевших аварию или катастрофу;

- задачи уточнения места и масштабов чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера

- выявление аварий на трубопроводных системах, плотинах гидросооружений, атомных электростанциях, химических предприятиях, других особо опасных объектах;

- создание и обновление карт различного масштаба, построение цифровых карт рельефа;

- контроль динамики развития, информационное обеспечение ликвидации последствий:

- лесных, степных и торфяных пожаров;

- наводнений различного происхождения;

- землетрясений и извержений вулканов;

- загрязнения акватории Мирового океана нефтью и нефтепродуктами;

- схода лавин и катастрофического обрушения ледников;

- аварий на трубопроводных системах, плотинах гидросооружений, атомных электростанциях, химических предприятиях, других особо опасных объектах;

- многие другие задачи, связанные с контролем сухопутных территорий и акваторий морей и океанов.

Одной из главных проблем, сдерживающей развитие перспективных бортовых целевых комплексов радиолокационного и многоканального многоспектрального ДЗЗ на основе РСА с АФАР, является дефицит полезной электрической мощности современных КА.

Уже сейчас разрабатываемые РСА детального разрешения X диапазона на основе АФАР характеризуются средней мощностью энергопотребления до 5-7 кВт. В будущем, с ростом требований к целевым характеристикам радиолокаторов ожидается дальнейшее увеличение их энергопотребления.

От наличия на борту резерва мощности зависит продолжительность наблюдения, определяющая производительность и периодичность обновления информации об объектах наблюдения.

Важнейшее значение в достижении необходимой периодичности контроля объектов наблюдения и как следствие в повышение производительности КА ДЗЗ является высота наблюдения. Эксплуатируемые и создаваемые в настоящее время радиолокационные комплексы вследствие недостаточной мощности бортовых источников энергии ориентированы на использование орбит высотой от 500 до 600 км. Такие орбиты не позволяют рассчитывать на получение качественной информации при углах визирования земной поверхности более 55-60 угл. град. и могут обеспечить потенциально достижимую периодичность обновления информации порядка 8-12 часов на средних географических широтах ($\sim 40^{\circ}$ - 60°), где сосредоточена большая часть объектов наблюдения. Реальная периодичность контроля из-за лимита энергии на борту, как правило, ещё ниже.

Поскольку необходимая мощность радиолокатора пропорционально в четвёртой степени зависит от увеличения расстояния до объекта зондирования, то при переходе на более высокие орбиты потребуется существенное увеличение выходной мощности системы энергоснабжения КА.

Перспективные системы ДЗЗ характеризуются высокой информационной производительностью, что требует использования в составе бортовых целевых комплексов высокоскоростных радиолоний, в том числе работающих в оптическом диапазоне. Данная аппаратура также предъявляет дополнительные требования к мощности энергоустановки КА.

Таким образом, развитие перспективных систем ДЗЗ неразрывно связано с необходимостью создания космических обеспечивающих платформ с повышенной мощностью системы энергоснабжения. По оценкам специалистов уже в период до 2020 года потребуется наличие на борту КА источников энергии не менее 15...20 кВт, а в дальнейшем – до 100 кВт и более.

При переходе к уровням бортовой мощности КА в несколько десятков кВт солнечные энергоустановки практически не применимы из-за недопустимых массогабаритных характеристик, исключающих возможность выведения КА существующими и перспективными ракетами-носителями. Более того, применение энергоустановок на базе солнечных и аккумуляторных батарей накладывает существенные ограничения на возможности КА с точки зрения их целевого использования по обеспечению функционирования существующих и перспективных полезных нагрузок.

Для решения перспективных задач ДЗЗ, требующих высоких уровней мощности на борту, в среднесрочной и долгосрочной перспективе целесообразно использовать ядерные энергетические установки (ЯЭУ) [2]. Они имеют ряд принципиальных преимуществ по сравнению с солнечными, таких как удельная масса и удельная мощность, габариты в транспортном и рабочем положении, динамические характеристики и другие. Одним из важнейших достоинств ЯЭУ является независимость вырабатываемой мощности от расстояния до Солнца, а также возможность энергообеспечения КА на теневых участках орбиты.

Необходимо отметить, что использование ядерной энергетики в космосе в настоящее время не только легитимно [3], но и входит в перечень перспективных задач развития космической техники ведущих космических держав мира.

Всё возрастающее внимание к космической ядерной энергетике демонстрируют США, Европейский союз и Китай. С 2002 году в США развёрнута

программа "Инициативы по ядерным системам", которая по результатам проведённых работ в 2003 году была расширена в рамках программы "Проект "Прометей". Ядерной энергетике отводится значительная роль и в реализации перспективной программы "Аврора" Европейского космического агентства. Работы по созданию космических ЯЭУ проводятся и в Китайской Народной Республике.

Отсутствие в настоящее время КА данного класса в составе орбитальных группировок иностранных государств обусловлено исключительно отсутствием опыта разработки, эксплуатации и технического сопровождения аппаратов данного типа.

Единственным государством, обладающим реальным опытом создания и штатной эксплуатации КА с ЯЭУ является Российская Федерация.

Многолетний отечественный опыт создания и эксплуатации КА с ЯЭУ неразрывно связан с ФГУП "КБ "Арсенал", стоявшим у истоков зарождения данного класса космических аппаратов и являющимся единственной организацией, имеющей реальный опыт создания и штатной эксплуатации аппаратов с ядерной энергоустановкой. Первые опытные образцы КА с ЯЭУ, УС-А, были изготовлены в 1973 году, в 1975 году развернуто серийное производство. Одновременно в КБ "Арсенал" началась модернизация изделия, результатом которой стало создание в середине 1980-х годов КА двухстороннего радиолокационного зондирования поверхности океана УС-АМ. Внешний облик КА "УС-АМ" с ядерной энергетической установкой представлен на рисунке 1.

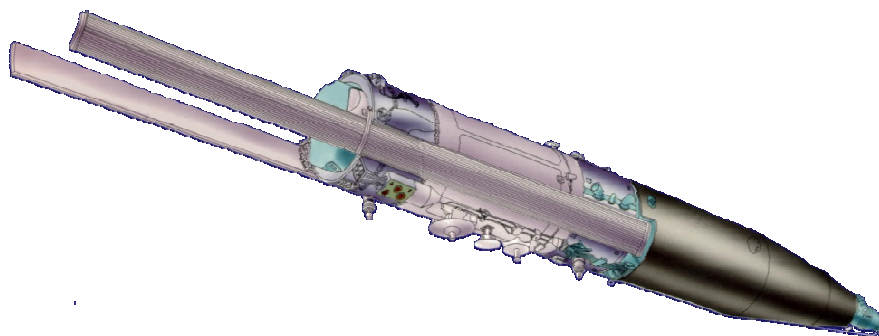


Рис. 1 - Внешний облик КА "УС-АМ" с ядерной энергетической установкой

В конце 1980-х годов в КБ "Арсенал" были созданы космические аппараты "Плазма-А", на борту которых был проведен ряд уникальных научных экспериментов.

Всего за период с 1973 по 1988 годы в КБ "Арсенал" было создано и успешно эксплуатировалось более 30 космических аппаратов, оснащённых ядерными энергетическими установками типа "Бук" и "Топаз" разработки НПО "Красная Звезда". В конце 1980-х годов эксплуатация космических аппаратов подобного типа была прекращена, в первую очередь по политическим причинам, хотя полученные результаты и анализ будущих задач свидетельствовали о перспективности космической ядерной энергетики.

Несмотря на это разработка данного направления, во многом в инициативном порядке, продолжалась на ряде предприятий.

ФГУП "КБ"Арсенал" им. М.В. Фрунзе в 2004 году начало проектно-поисковые работы в обеспечение создания универсальной космической платформы (КП) повышенной энерговооруженности "Плазма-2010" с ядерной энергетической установкой.

С 2006 года по настоящее время ведётся серия научно-исследовательских работы (в том числе в рамках НИР "Магистраль") в обеспечение развёртывания полномасштабной ОКР начиная с 2011 года.

В КП "Плазма-2010" будет использован модульный принцип построения, позволяющий создавать на базе платформы КА различного назначения, в том числе для решения задач ДЗЗ.

В составе КП "Плазма-2010" используется ядерная энергетическая установка ЯЭУ-25, мощностью до 35 кВт, а также электроракетная двигательная установка, обеспечивающая эффективное выведение КА на рабочую орбиту и последующее маневрирование. Проект ориентирован на выведение существующей высоконадёжной ракетой-носителем "Союз-2" этапа 1 б, что позволит осуществить лётно-конструкторские испытания на рубеже 2017-2018 гг.

Модульный принцип построения КП «Плазма-2010» и проектный облик модулей представлен на рисунке 2.

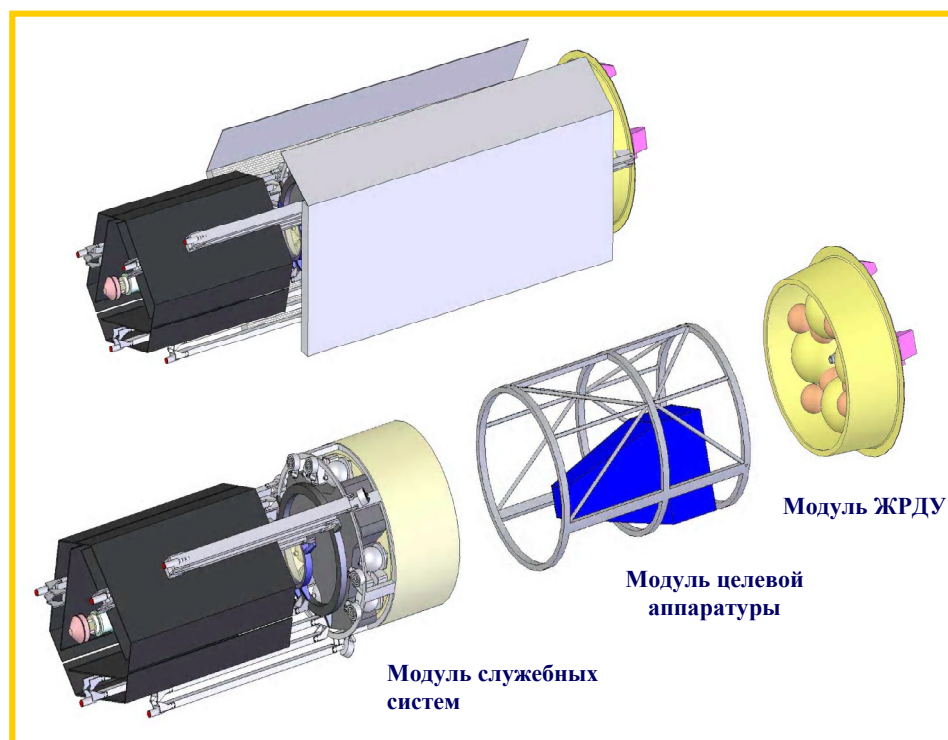


Рис. 2 - Модульный принцип построения КП «Плазма-2010»

Космическая платформа «Плазма-2010» способна обеспечить функционирование бортового целевого комплекса в составе целевого модуля массой до 2500 кг с энергопотреблением до 34 кВт в длительном непрерывном режиме.

Основные допустимые параметры целевого модуля с учётом энергетических возможностей выбранной ракеты-носителя «Союз-2» этапа 1 б и характеристики КП «Плазма-2010» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики КА «Плазма-2010»

| Наименование параметра | Значение параметра |
|---|--------------------|
| Допустимая масса целевого модуля, кг | 2 500 |
| Максимальная длина целевого модуля в транспортном положении, мм | 3000 |
| Максимальные габариты целевого модуля в плоскости поперечного сечения головного обтекателя в транспортном положении, мм | Ø 3650 |
| Допустимая средняя мощность потребления аппаратуры целевого модуля, кВт | |
| - в номинальном режиме ЯЭУ (длительность до 6,5 лет) | 19 |
| - в форсированном режиме ЯЭУ (длительность до 0,5 года) | 34 |
| Ориентация КА на орбите | трёхосная |
| Точность ориентации в каждом канале, угл. мин. (не хуже) | ±16 |
| Точность стабилизации, град/сек (не хуже) | ±0,005 |
| Длительность автономного функционирования, сутки | до 30 |
| Срок активного существования, лет | 7 |

В перспективе рассматривается переход на более тяжёлые носители («Ангара-А5», «Союз-3»), что позволит значительно повысить допустимую массу и энергопотребление бортового специального комплекса.

В кооперации с ФГУП "КБ"Арсенал" ФГУП "Красная Звезда" ведёт разработку параметрического ряда термоэмиссионных и газотурбинных ЯЭУ с мощностью до 500 кВт и ресурсом работы от 7 и до 10 лет в перспективе, предназначенных для использования в составе КП "Плазма-2010" и её последующих модификациях.

В настоящее время ФГУП "КБ"Арсенал" с кооперацией ведёт проектно-поисковые исследования в

обеспечение создания космической системы многоспектрального ДЗЗ на основе космической платформы повышенной энерговооруженности «Плазма-2010» с ЯЭУ. Проработано несколько перспективных вариантов комплексирования РСА с различной бортовой аппаратурой оптико-электронного наблюдения с потребляемой мощностью около 18 кВт, в том числе вариант совместного использования РСА с многоспектральными оптико-электронными комплексами, оснащённым системой независимого наведения оптической оси камеры.

Проектный облик такой космической платформы с аппаратурой комплексного ДЗЗ представлен на рисунке 3.

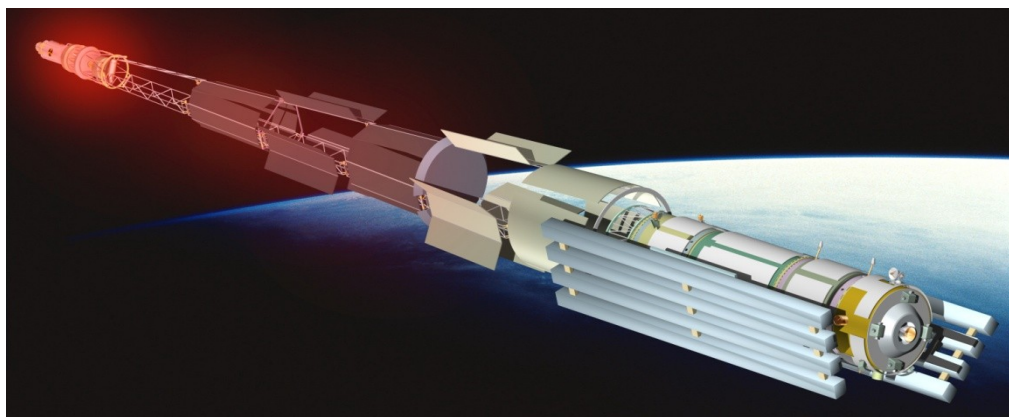


Рис. 3 - Проектный облик такой космической платформы с аппаратурой комплексного ДЗЗ

Создание космической платформы повышенной энерговооруженности "Плазма 2010" с ядерной энергетической установкой откроет возможность для построения ряда перспективных космических систем, решающих задачи в интересах социально-экономического развития и повышения обороноспособности страны, а также мировой науки.

Библиографический список

1 Научно-технический отчет «Проведение проектных проработок базового варианта низкоорбитального КА ДЗЗ с ЯЭУ и ЯЭДУ», ФГУП «КБ «Арсенал» П10-0070-531-06, 2006 г.

2 Материалы конференции «Ядерная энергетика в космосе – 2005», Москва-Подольск 1-3 марта, 2005 г..

3 Требования к странам, запускающим ядерные источники энергии. 27-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН, март 1990 г.

References

1. Research report – Design studies of standard low-orbital remote sensing satellite with YaEU and YaEDU, FSUE DB ARSENAL P10-0070-531-06, 2006.

2. Proceedings of conference Nuclear power in space-2005, Moscow-Podolsk, March 1-3, 2005.

3. Requirements to nuclear energy source nations. 27th Nations General Assembly, March 1990.

HIGH ENERGY SUPPLY SPACEBUS WITH NUCLEAR REACTOR POWER SOURCE FOR EARTH REMOTE SENSING PURPOSES

© 2010 B.I. Poletaev, A.P. Kovalev, E.G. Lyannoy, A.V. Romanov, A.U. Pavlov, L.S. Burylov, A.A. Pikalev

FSUE DB «ARSENAL», St.Petersburg

Space radars have a great perspective for Earth remote sensing purposes. Taking into account their high power consumption it is reasonable to build universal high energy supply spacebus with nuclear reactor power source.

Radio locator, nuclear reactor power source, spacebus

Информация об авторах

Полетаев Борис Иванович, Генеральный конструктор ФГУП «КБ «Арсенал», д.т.н. Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Ковалев Александр Павлович, заместитель генерального конструктора по научной работе ФГУП «КБ «Арсенал», д.т.н. Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Лянной Евгений Григорьевич, 1-й заместитель генерального конструктора ФГУП «КБ «Арсенал». Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Романов Андрей Васильевич, главный конструктор направления РКТ ФГУП «КБ «Арсенал», к.т.н. Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Павлов Алексей Юрьевич, начальник головного проектного сектора ФГУП «КБ «Арсенал». Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Бурылов Леонид Сергеевич, начальник группы ФГУП «КБ «Арсенал». Область научных интересов: проектирование КА, бортовые комплексы ДЗЗ.

Пикалёв Александр Афанасьевич, ведущий специалист ФГУП «КБ «Арсенал». Область научных интересов: бортовые комплексы ДЗЗ.

Poletaev Boris Uvanovich, General Designer, FSUE DB Arsenal, Doctor of Engineering/ Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Kovalev Alexander Pavlovich, Deputy General Designer, responsible for research work in FSUE DB Arsenal, Doctor of Engineering Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Lyannoy Evgeny Grigorievich, First Deputy General Designer, FSUE DB Arsenal. Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Romanov Andrey Vasilievich, RKT Design Manager, FSUE DB Arsenal, Candidate of Science. Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Pavlov Alexey Yurievich, Main Design Team Leader, FSUE DB Arsenal. Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Burilov Leonid Sergeevich, Team Leader, FSUE DB Arsenal. Field of interest: satellite designing, onboard remote sensing systems.

Pikalev Alexander Afanasievich, senior staff, FSUE DB Arsenal. Field of interest: onboard remote sensing systems.