

# ЕВРОПЕЙСКИЙ СПУТНИК ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ PLEIADES

**М.А. Болсуновский** («Совзонд»)

В 1990 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище. После окончания училища служил в рядах ВС РФ. С 2000 г. работал в ООО «Гео Спектрум», а с 2002 г. — в ФГУП ВО «Техмашимпорт». В 2004 г. получил степень «Мастер делового администрирования в области стратегического планирования» (Master of Business Administration) во Всероссийской академии внешней торговли МЭРИТ РФ. С 2004 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время — заместитель генерального директора.

Дистанционное зондирование Земли всегда было приоритетным направлением французской космической политики, поэтому решение французского космического агентства CNES о начале в 2000 г. новой программы, получившей название Pleiades High Resolution, не было случайным. Эта программа является составной частью европейской спутниковой системы зондирования Земли и предназначена для удовлетворения потребностей в данных дистанционного зондирования высокого разрешения гражданских и военных пользователей из правительственных агентств Франции и Италии. Согласно проекту программы, предполагается создать двойную систему, включающую итальянские радарные спутники Cosmo-Skymed и французские оптико-электронные спутники Pleiades.

Создание первого французского космического аппарата этой программы было поручено компании Astrium, хорошо зарекомендовавшей себя при выполнении программ оптических наблюдений Spot и Helios. Работы по технико-экономическому обоснованию спутника проведены в 2000–2001 гг., а запуск намечен на 2006 г.

Космический аппарат Pleiades массой около 900 кг будет вращаться вокруг Земли в течение пяти лет по квазикруго-

вой солнечно-синхронной орбите на высоте 695 км. Спутник сможет отклоняться от точки надир на угол до 50°, сохраняя при этом номинальные эксплуатационные характеристики в пределах отклонения 30°. Маневр отклонения на угол 5° будет выполняться менее чем за 6 с, а на 60° — менее чем за 25 с.

Ожидаемое пространственное разрешение в надире — 0,7 м для панхроматического канала и 2,8 м для четырех мультиспектральных диапазонов. Ширина полосы захвата должна составить больше 20 км. При этом спутник будет обеспечивать получение изображений высокого качества с устойчивыми динамическими характеристиками и максимальной точностью определения пространственных координат объектов без наземных точек привязки 20 м, а с использованием наземных опознаков, отстоящих друг от друга на расстоянии до 80 км, — 0,5 м.

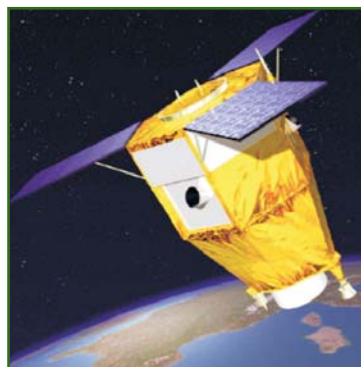
Для записи данных будут использоваться бортовые твердотельные ЗУ большого объема (до 600 Гбайт), скорость передачи информации составит 600 Мбит/с в X-диапазоне.

Спутник физически состоит из двух частей (рис. 1). Одна — содержит устройство для получения изображения, другая — многофункциональный контейнерный блок (контроля, накоп-

ления, передачи данных и энергообеспечения).

Многофункциональный контейнерный блок имеет форму шестигранника с тремя «лепестками» солнечных батарей, развернутыми относительно друг друга на 120°, и тремя четырехгранными камерами системы астроориентации для оптимизации пространственной точности. Эта конфигурация позволяет регулировать радиатор фокальной плоскости съемочной аппаратуры для максимальной теплоотдачи. Для закрепления ориентированных на Землю антенн и отражателя используется специальная поддерживающая конструкция.

Одним из главных преимуществ конфигурации космического аппарата Pleiades является возможность управления температурными условиями работы съемочной аппаратуры. Темпера-



**Рис. 1**  
Общий вид спутника  
на орбите

тура съемочной аппаратуры поддерживается на уровне 20°C, многофункционального контейнерного блока — на уровне 10°C.

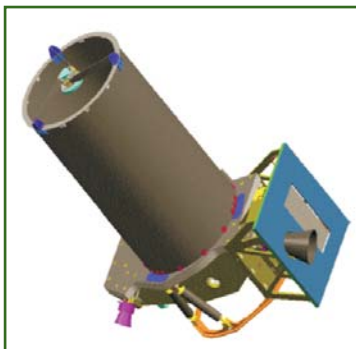
**Электронная архитектура** спутника организована вокруг центрального компьютера на базе процессора SPARC ERC-32, общающегося через 16-битные шины с бортовым оборудованием.

Для максимальной надежности оборудование, необходимое для функционирования спутника, продублировано. Дублируются все функции вычислений, взаимодействия и систем безопасности. В то же время для рабочего оборудования допускается некоторое сокращение возможностей в случае отказа.

**Оптическое решение**, выбранное для телескопа съемочной аппаратуры, — один из вариантов системы Корша. Механизм из трех зеркал отличается малыми размерами и разумной простотой построения (предусмотрены ограничители кривизны). Для максимальной компактности съемочной аппаратуры используется дополнительное плоское зеркало. Общие размеры подобраны таким образом, чтобы при сохранении минимального расстояния между первым и вторым зеркалами и приемлемого расстояния между вторым и третьим можно было разместить датчики блока регистрации данных со стороны спутника.

Оптимизация геометрии отображения задает диаметр первого зеркала, равный 650 мм, что хорошо согласуется с работой датчиков и параметрами орбиты.

Устройство съемочной аппаратуры (рис. 2) выполнено таким образом, что центральная плоская конструкция, поддерживает первое, третье и плоское зеркала, а также центральный цилиндр, на котором закреплено второе зеркало. Для изготовления этой конструкции был выбран карбид, а для зеркал — церодур. Выбор карбида определили специфические свойства



**Рис. 2**  
Устройство съемочной аппаратуры

этого материала: низкие коэффициент теплового расширения и плотность, что обуславливает малый вес телескопа и облегчает тепловой контроль.

В проекте фокальная плоскость совмещена с электронными средствами регистрации изображения. Вместе они составляют блок регистрации данных, который реализует функции обнаружения и преобразования видеосигналов в числовые данные. Для панхроматической съемки планируется использовать пять датчиков TDI по 6000 пикселей каждый; размер пиксела 13 мкм. Прием мультиспектральных данных будет реализован аналогичным способом. Каждый датчик сможет регистрировать четыре цвета. TDI-датчик воспринимает не меньше 58 Мпиксел/с данных, что соответствует примерно 700 Мбит/с (суммарно для пяти датчиков составляет 3,5 Гбит/с). Мультиспектральные датчики характеризуются теми же данными. Полученные видеосигналы последовательно преобразуются в числовые данные группами примерно по 7 Мпиксел/с, что соответствует максимальной производительности с учетом оптимального соотношения сигнал/шум.

Для максимальной производительности блок регистрации данных имеет собственную систему теплового контроля.

Видеоданные, получаемые порциями по 4,5 Гбит/с, будут сжиматься в блоке упаковки

данных. При этом используется вейвлет-алгоритм, который позволяет достичь семикратной компрессии в противовес стандартной четырехкратной. Сжатые данные сохраняются в блоке памяти SSMM. Как отмечалось выше, емкость запоминающего устройства составляет 600 Гбайт. Максимальная скорость ввода видеоданных в ЗУ — 1,5 Гбит/с. Вспомогательные данные аккумулируются в интерфейсе шины по четырем индивидуальным каналам по 150 Мбит/с каждый (суммарная производительность 600 Мбит/с). SSMM выполняет также функцию шифрования для гражданских целей (AES). Данные пакетируются согласно стандарту CCSDS. Для военного шифрования используется специальное устройство.

На следующем этапе данные кодируются по схеме решетчатого кода в модуляторах типа 8-PSK, которые имеют собственные твердотельные усилители мощности (SSPA). Затем данные уплотняются и передаются на Землю с помощью антенны X-диапазона, представляющей собой гофрированную рупорную антенну. Она будет установлена на двухосном универсальном карданном шарнире, что гарантирует передачу данных во время движения. В период регистрации изображения этот механизм не используется для минимизации динамических искажений. Специальная наводящая антенна будет ориентировать передающую антенну при движении спутника так, чтобы наземная принимающая станция всегда оставалась в зоне ее действия. Таким образом, передача данных из космоса будет происходить в условиях полной видимости наземной принимающей станции.

Состав **энергетической системы** предусматривает ионнолитиевую и три солнечных батареи. Батарея мощностью 80 ампер/час непосредственно связана с линиями электропитания

и поддерживает их напряжение. Ее заряжают от наружных арсенид-галлиевых ячеек солнечных батарей общей площадью 5 м<sup>2</sup>. Чтобы обеспечить сбалансированное получение энергии, спутник будет наводить батареи на Солнце до и после регистрации изображений на каждом витке орбиты.

**Автономное определение орбиты** предусмотрено выполнять с помощью приемника «Дорис» — навигационной системы агентства CNES, определяющей положение спутника относительно наземных станций. При этом измерения ведутся на частотах 400 МГц и 2 ГГц. Первичные данные обрабатываются на орбите навигатором высокого порядка на основе моделирования земной гравитации; точность измерений достигнет 1 м. Приемник может быть запущен из холодного состояния при любой ориентации спутника менее чем за один виток орбиты. «Дорис» также предоставляет бортовое время и число импульсов в секунду (PPS), необходимые для синхронизации системы.

**Определение пространственного положения** будет выполняться гироскопическими системами. Предусмотрены три высокоточные камеры системы астроориентации с отдельными оптическими головками. Точность каждой задается ошибкой поля зрения (< 2") и шумом (максимально 10"). Для повышения точности используется только перпендикуляр к оси опорного направления. С той же целью — для гарантии высокой точности определения пространственного положения во время маневрирования — принято применять исключительно твердотельные гироскопы.

Волоконно-оптический гироскоп (FOG) выбран не только из-за низкого уровня шума и устойчивого масштабного коэффициента, но и малого рассеивания мощности на оптическом уровне. Основные характеристики гироскопа — стабильность масштабного коэффициента в несколько ppm, дрейф в пределах 0,002°/ч и случайное угловое блуждание 0,0002°.

При максимальной массе спутника, соизмеримой с массой ракетносителей «Рокот», PSLV и «Союз», инерция может составить от 600 до 700 кг на 1 м<sup>2</sup>. Высокую маневренность спутника предполагается достичь за счет компактного дизайна и четырех приборов контроля гироскопического момента (CMG). Все это позволит получать до 50 последовательных изображений за один виток орбиты, т. е. до 500 в день.

Благодаря новым технологическим решениям спутник Pleiades станет очередным этапом европейской науки в области ДЗЗ высокого разрешения.

#### RESUME

The main technical characteristics as well as engineering solutions are considered for the design of the first Pleiades spacecraft being developed within the framework of the «Pleiades High Resolution» programme of the French space agency (Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)). This satellite launch is planned for 2006.



QUICKBIRD  
IKONOS  
ORBVIEW  
EROS  
SPOT  
IRS  
LANDSAT  
ASTER  
RADARSAT



Компания «Совзонд» является официальным дистрибьютором мировых лидеров в области дистанционного зондирования — компаний DigitalGlobe, Space Imaging, OrbImage, SpotImage, ImageSat International, Геологической Службы США, предлагая российским заказчикам цифровые изображения, полученные со спутников QUICKBIRD, IKONOS, ORBVIEW, EROS, SPOT, IRS, RADARSAT, ASTER, LANDSAT и др., а также услуги по их тематической обработке и выполнению проектов в соответствии с требованиями заказчика.

Программное обеспечение для обработки данных дистанционного зондирования - ENVI, SOCET SET, eCOGNITION и др.

**Компания «Совзонд» —  
точный взгляд на мир**

**(095)514-83-39**  
**(095)923-30-13**  
**sovzond@sovzond.ru**  
**www.sovzond.ru**