

В.В. Бутин (Компания «Совзонд»)

В 2003 г. окончил Московский военный институт радиоэлектроники по специальности «радиоэлектроника».

В настоящее время — ведущий специалист по радиотехническим системам компании «Совзонд». Кандидат технических наук.

Организация наземного комплекса приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли

Не так давно, а именно в середине XIX века, основной ареал обитания человека составлял круг радиусом 50 км. Некоторые отчаянные смельчаки отваживались на долгие путешествия и тем самым заслуживали себе почетное и манящее звание «странник». За практически два века человечество совершило гигантский прыжок по завоеванию всего мирового пространства как ареала обитания вследствие чего, сегодня для совершения путешествия на другой край Земли достаточно потратить 10 часов в самолёте. Звание «странник» перестало быть таким уважаемым и манящим. Однако такое путешествие вряд ли можно использовать как масштабный источник информации об интересующем регионе. Человек видит в рамках круга радиусом 4–5 км, и чтобы оценить ситуацию в районе площадью 100×100 км ему потребуется не один день. В настоящий момент существует более быстрый и надежный способ получить интересующую информацию, достаточно сесть перед компьютером и заглянуть на другую сторону планеты с помощью снимков, сделанных космическим аппаратом (КА) дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Современные технологии ДЗЗ позволяют осуществлять контроль, анализ и управление:

- использованием природных ресурсов;
- предупреждением и ликвидацией ЧС;
- хозяйственной деятельностью на любой территории в реальном масштабе времени.

Основным элементом систем ДЗЗ, позволяющих контролировать заданные районы в режиме реального времени, являются станции приёма данных дистанционного зондирования Земли. Обычно такие станции являются неотъемлемой частью наземного комплекса приёма и обработки данных (НКПОД).

Станции приёма данных ДЗЗ предназначены для приёма, хранения, обработки и передачи данных с борта КА.

В состав станции входят:

- антенная система (приём сигналов с борта КА);
- приёмно-обрабатывающий тракт (расшифровка и трансформация принятого сигнала до требуемого уровня);
- программное обеспечение (обработка данных до конечного информационного продукта);
- соответствующие лицензии на приём с конкретного КА.

Схема работы наземного комплекса и обработки данных представлена на рис. 1.

НКПОД в своём составе имеет станцию приёма данных ДЗЗ и штат операторов комплекса. Основное назначение станции приёма данных ДЗЗ заключается в приёме сигнала, излучаемого КА с заданными характеристиками. Характеристики принимаемого сигнала определяются КА ДЗЗ, следовательно, выбор станции осуществляется после выбора спутника. В настоящее время преобладает модульная система комплектования станции, что позволяет с минимальными затратами проводить модерниза-



Рис. 1.

Функциональная схема работы наземного комплекса приёма и обработки данных

цию станции в зависимости от требований спутника. Это особенно актуально, так как срок службы КА ДЗЗ в среднем составляет 5 лет, а срок службы наземной станции – 15 лет.

Кроме того, велика вероятность, что КА не израсходует свой ресурс. Существуют, конечно же, КА, работающие более запланированного ресурса (Landsat-5: 27 лет при плановом сроке существования 2 года), но это скорее исключение из правил.

Задачу выбора антенны для приёма спутниковых сигналов можно представить как многокритериальную оптимизационную задачу, в которой есть набор требований к антенне, определяемых КА ДЗЗ, и множество характеристик антенных систем разных производителей. Решение задачи находится на пересечении этих двух множеств. Обычно существует несколько антенных систем, удовлетворяющих заявленным требованиям. Для того чтобы при-

нять наиболее рациональное решение, предлагается ознакомиться с некоторыми рекомендациями по выбору зеркальной антенны для приёма данных с КА. Рассмотрим наиболее важные подробно.

Рабочий диапазон частот определяется выбором спутника(-ов) дистанционного зондирования Земли. Рабочий диапазон частот антенны должен несколько перекрывать частоту сигнала, транслируемого со спутника, так как из-за доплеровского эффекта и искажения по трассе распространения электромагнитных волн частота принимаемого сигнала на поверхности планеты несколько отличается от частоты переданного спутником сигнала. Если предполагается работать с несколькими космическими аппаратами, то необходимо перекрывать все частоты спутников. Частота передающего сигнала со спутника доступна в справочной литературе, на сайте производителя КА или по ссылке <http://www.sovzond.ru/satellites>.

Выбор рабочего диапазона частот антенны также определяет материал основного зеркала. Бывают сплошные и сетчатые зеркала антенны. Сетчатые зеркала используют в больших диаметрах от 5 метров, так как они способны выдерживать значительные ветровые нагрузки, имеют более низкие массогабаритные характеристики (что снижает требования к опорно-поворотному устройству) по сравнению со сплошными зеркалами и менее подвержены скоплению атмосферных осадков (рис.2). Однако при выборе сетчатой антенны необходимо учитывать, что размер ячейки должен быть меньше, чем длина волны принимаемого сигнала, а само

зеркало представляет собой набор прямоугольных пластин, что снижает эффективность приёма.

Сплошные зеркала делают цельными или составными. Составные антенны начинают делать от 5 метров, так как такие антенны тяжело транспортировать цельными и необходима очень высокая точность изготовления кривизны. Сплошные зеркала делают из металла, алюминия и пластика с металлическим покрытием. Металлические зеркала прочные, но подвержены коррозии и тяжёлые; пластиковые деформируются от температуры и осадков; алюминиевые зеркала легкие, не ржавеют, но мягкие и легкодеформируемы.



Рис. 2.
Сетчатая зеркальная антенна

Если грубо сравнить два зеркала – сетчатое и сплошное, то выбор, однозначно будет в пользу сплошного. Так как проблемы ветровых нагрузок и осадков решаются радиопрозрачным куполом, нет ограничений по выбору длин волн принимаемых сигналов. Необходимо отметить, что на радиопрозрачном куполе, закрывающем 3,5 метровую зеркальную антенну, также собираются осадки в виде снега и льда на полюсе купола, что препятствует проникновению электромагнитного излучения под купол и может приводить к срыву сеанса связи с КА. Когда мы говорим о выборе рабочего диапазона частот антенной системы, речь идёт о выборе облучателя, который размещается в фокусе зеркала, а именно о его способности преобразовать падающие на зеркало антенны электромагнитные волны в электрические сигналы. Здесь следует обратить особое внимание на вид поляризации сигнала, излучаемого КА. Наиболее распространен-

ны два вида, это правая и левая круговые поляризации. Если предполагается принимать сигналы с двумя видами поляризации, то необходимо заблаговременно поинтересоваться у производителя с какой поляризацией работает антенный комплекс.

Одним из самых важных параметров антенны является диаметр зеркала. Этот параметр определяется уровнем мощности принимаемого со спутника сигнала и требуемой скоростью приёма данных. В настоящее время развитие космических аппаратов ДЗЗ идёт по пути максимального уменьшения массогабаритных характеристик, что позволяет экономить на расходах по выводу космических аппаратов на орбиту.

Тенденция развития массогабаритных характеристик КА ДЗЗ отражена на рис. 4. Такая тенденция прямо пропорционально отражается на мощности излучаемого сигнала. Чем меньше мощность сигнала, излучаемого



Рис. 3.
Сплошная зеркальная антенна



Рис. 4.
Тенденция развития массогабаритных характеристик КА ДЗЗ

спутником, тем больше должен быть диаметр зеркала приёмной антенны, однако чем больше диаметр антенны, тем тоньше диаграмма направленности, что, в свою очередь, требует высокой точности наведения антенны на КА. Например, КА ДЗЗ RapidEye излучает сигнал мощностью 10,6 дБВт, что требует 5-метрового диаметра зеркала антенны. При работе с несколькими КА диаметр антенны определяется по худшим характеристикам. Однако чем больше диаметр зеркальной антенны, тем сложнее производить необходимую точность поверхности парабооида вращения, что прямо пропорционально отражается в шумовой температуре.

Также необходимо учитывать предполагаемый срок службы антенны если он составляет около 15 лет и более, что в 2-3 раза превышает срок службы КА, то необходимо задуматься о запасе эффективной площади антенны, иначе придётся проводить дорогостоящую модерниза-

цию наземного комплекса приёма и обработки данных.

Тип опорно-поворотного устройства определяется массой зеркала антенны, количеством степеней свободы (осей вращения) и требуемой точностью наведения на КА и его сопровождения.

Опорно-поворотное устройство (ОПУ) предназначено для нацеливания главного лепестка диаграммы направленности антенны на спутник в режиме реального времени. Это позволяет получать максимум излучаемой мощности. Обычно это двухплоскостное ОПУ. Одним из лидеров в производстве ОПУ является компания Zodiac (Франция) с гексапоидным пьедесталом (рис. 5).

Выбор места установки антенны связан с чистой видимостью небосвода во всех направлениях от угла места 2 градуса, хотя производители КА ДЗЗ гарантируют уверенный приём от 5 градусов. Поэтому, если нет возможности установить антенну с видимостью от 2 градусов по углу



Рис. 5.
Вид гексаподного пьедестала зеркальной антенны

места, то возможно снизить этот параметр до 5 градусов.

При решении задачи выбора идеальной антенной системы (при соответствующих ограничениях) можно выделить следующее:

- сплошная антенна лучше, чем сетчатая;
- металлическое зеркало с хорошим антикоррозийным покрытием лучше, чем алюминиевое;
- чем больше, диаметр антенны, тем лучше, если сохраняется точность кривизны поверхности и удовлетворяются точности по сопровождению КА;
- должно быть радиопрозрачное укрытие;
- максимально быстрое ОПУ;
- максимально возможное количество степеней свободы ОПУ;

- установку антенны нужно производить в месте, где просматривается весь небосвод от угла места 2 градуса.

Приёмно-обрабатывающий тракт представляет собой систему, предназначенную для выделения полезного сигнала и трансформации его в вид достаточный для дальнейшей обработки программными средствами.

В основном это понижение частоты, демодуляция и декодирование принятого сигнала. Каждый производитель КА ДЗЗ применяет свои методы модуляции и кодировки полезного, что обуславливает расширение состава аппаратуры приёмного тракта для обеспечения работы с несколькими КА ДЗЗ.

Зарубежные демодуляторы построены по принципу «всё в одном блоке», в отечественной практике чаще встречается отдельное устройство для каждого КА.

В настоящее время главным направлением развития считается идея максимальной унификации, стандартизации и минимизации приёмно-обрабатывающего тракта.

Применение разных методов кодировки сигнала определяется коммерческими целями производителя КА, а именно продажей годовых лицензий на право получения данных с борта КА и их расшифровку. Однако существуют и бесплатные КА, для работы с которыми не требуется приобретение лицензии.

Таким образом, нет необходимости беспокоиться об использовании приёмно-обрабатывающего тракта для перспективных КА, так как модульный принцип организации позволяет проводить широкую модернизацию станции в зависимости от поставленных задач.

Выбор программного обеспечения обусловлен требованиями, предъявляемыми к конечному информационному продукту. В стандартную комплектацию станции входит пакет программного обеспечения, позволяющий проводить обработку полученных данных до низких уровней. Наиболее распространённая градация уровней предварительной обработки данных:

- 0 – необработанные (первичные) данные съёмочного прибора;
- 1А – данные, прошедшие радиометрическую коррекцию и калибровку;
- 1В – радиометрически скорректированные и географически привязанные данные;
- 2А – радиометрически и геометрически скорректированные данные, представленные в картографической проекции.

Более высокие уровни обработки, для получения которых используется дополнительная информация (опорные точки, модели рельефа для ортокоррекции и др.), относят к последующей тематической обработке.

Станции ДЗЗ позволяют:

- оперативно поставлять и обрабатывать данные с борта КА в режиме реального времени (около часа с момента начала сеанса связи);
- производить съёмку неограниченного количества площадей (определяется загруженностью КА);
- работать с несколькими КА;
- обновлять архив;
- модернизировать аппаратуру в зависимости от изменяющихся требований;
- прогнозировать развитие наблюдаемого региона и т.д.

Создание собственного центра приёма данных дистанционного зондирования Земли – это первый шаг к комплексной оценке эффективности хозяйственной деятельности, оперативному реагированию при возникновении чрезвычайных ситуаций и прогнозированию развития наблюдаемой территории на основе геоинформационных систем.

Захватив всё мировое пространство, как ареал обитания, человек всё ещё ограничен рамками планеты Земля. Постоянно растущие потребности и стремительное наращивание хозяйственной деятельности требуют от человека эффективного и бережного использования экосистемы и инфраструктуры. Подобное управление невозможно без комплексного мониторинга вверенных ресурсов и грамотного распределения нагрузки на экосистему. Создание наземного комплекса приёма и обработки данных дистанционного зондирования Земли является одним из наиболее эффективных способов оперативного контроля над использованием природных ресурсов, инфраструктуры и предотвращения ЧС.

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ:

1. <http://www.zds-fr.com/en/products/50/full-motion-antenna-systems.html>
2. <http://www.deimos-imaging.com/>
3. <http://www.seaspace.com/?mid=groundstations>
4. <http://www.sovzond.ru/>
5. http://www.spacetec.no/ProductsAndServices/about_polar