

В.В. Ромашкин (ОАО «НИИ ТП»)

В 1976 г. окончил Московский авиационный институт. В настоящее время - заместитель главного конструктора ОАО «НИИ ТП» и руководитель направления «Комплексы приема, обработки, распределения и доведения до потребителей информации ДЗЗ».

П.А. Лошкарев (ОАО «НИИ ТП»)

В 1978 г. окончил Военно-космическую академию им. А.Ф. Можайского. В настоящее время начальник отделения - главный конструктор направления ОАО «НИИ ТП».

Р.Б. Шевчук (ОАО «НИИ ТП»)

В 2002 г. окончил Московский авиационный институт, факультет радиоэлектроники летательных аппаратов. В настоящее время — начальник отделения по созданию наземных спутниковых систем ОАО «НИИ ТП».

Ю.В. Клепов (ОАО «НИИ ТП»)

В 1984 г. окончил Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет. В настоящее время — ведущий инженер ОАО «НИИ ТП».

Комплекс приема и обработки информации ДЗЗ в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского

Практика получения изображений поверхности Земли из космоса насчитывает чуть более полувека. Первый снимок земной поверхности был получен при помощи фотоаппарата, установленного на баллистической ракете Fau-2 немецкого производства, запущенной в 1945 г. с американского ракетного полигона White Sands. Ракета достигла высоты 120 км, после чего фотоаппарат с отснятой пленкой был возвращен на Землю в специальной капсуле.

До конца 1950-х гг. космическая съемка поверхности Земли осуществлялась с высот до 200 км исключительно с использованием аппаратуры, устанавливаемой на баллистических ракетах и зондах. Началом систематического обзора поверхности Земли из космоса можно считать запуск 1 апреля 1960 г. американского метеорологического спутника Tiros-1. Первый отечественный искусственный спутник Земли (ИСЗ) аналогичного назначения, «Космос-122», был выведен на орбиту 25 июня 1966 г.

С тех пор область применения данных дистанцион-

ного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса многократно расширилась. Сюда входит решение задач гидрометеорологии, экологии, мониторинга чрезвычайных ситуаций (ЧС), обширного спектра природоохозяйственных задач (сельского и лесного хозяйства, промысла морепродуктов, геологии и поиска полезных ископаемых, землеустройства, строительства, прокладки транспортных магистралей, картографии, создания и обновления геоинформационных систем (ГИС), гидротехники и мелиорации), океанографических и океанологических задач, а также научных задач фундаментального изучения состояния и эволюции Земли как целостной и постоянно изменяющейся экологической системы.

Создание и развитие космических средств и технологий дистанционного зондирования Земли являются в настоящее время одним из важнейших направлений применения космической техники для социально-экономических и научных целей.

В мире уже успешно эксплуатируются десятки



Мобильный комплекс приёма информации дистанционного зондирования земли МПЗС-2,4

Комплекс предназначен для приёма, регистрации, структурного восстановления и формирования изображений земной поверхности, поступающих с космических аппаратов дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) («Ресурс-ДК1», «TERRA», «AQUA», «NOAA» и др.) в X-, L-диапазонах и обмена информацией через геостационарные спутники-ретрансляторы в Ku-диапазоне.

Комплекс формирует стандартные информационные продукты:

- структурно-восстановленные и радиометрически откорректированные панхроматические или спектрозональные изображения;
- изображения, приведенные к заданной картографической системе координат по орбитальным данным;
- ортоизображения в заданной картографической системе координат, созданных по опорным точкам и цифровым матрицам рельефа.

Комплекс выполнен на базе автомобиля Ford Transit с полноповоротным антенным комплексом приёма спутников ДЗЗ X- и L-диапазонов на базе прицепа и антенным постом Ku-диапазона, установленным на крыше автомобиля.

Комплекс предусматривает:

- транспортировку трёх операторов, помимо водителя;
- установку мачтового устройства с высотой подъёма 6 м и аппаратуры приёма информации от БЛА;
- установку двух автоматизированных мест работы операторов.

Электропитание комплекса осуществляется от промышленной электросети или автономно от дизельного электроагрегата (ДЭА) - 380/220 В 50 Гц.

Параметры	Значение
Антенный комплекс	
Оффсетный рефлектор, D, м	D=2,4
Схема построения опорно-поворотного устройства	азимутально-угловая
Диапазон рабочих углов:	
- по азимуту, град	± 270
- по углу места, град	от 5 до 85
Максимальные скорости наведения:	
- по азимуту, град/с	20
- по углу места, град/с (не менее)	10
Суммарная погрешность наведения, угл.мин. (не более)	6
X-диапазон	
Полоса принимаемых частот, ГГц	8,0-8,40
Поляризация	правая и левая
Кoeffициент усиления, дБ	43
Диапазон несущих частот, ГГц	8,035-8,380
Вид модуляции принимаемого сигнала	BPSK, QPSK
Скорость приёма и регистрации, Мбит/с	до 320
Объём памяти накопителя, Тбайт	2
Интерфейс выходной информации	Ethernet 100/1000
L-диапазон	
Полоса принимаемых частот, ГГц	1,6-1,7
Поляризация	правая
Кoeffициент усиления, дБ	27
Вид модуляции принимаемого сигнала	BPSK, QPSK, DBPSK, DQPSK
Скорость приёма и регистрации, Мбит/с	0,256-2,56
Объём памяти накопителя, Тбайт	2
Интерфейс выходной информации	Ethernet 100/1000
Ku-диапазон-антенный пост	
Оффсетный рефлектор, D, м	D=1,4
Кoeffициент усиления, дБ	≥ 42,6 на передачу ≥ 40,5 на прием
Поляризация	линейная вертикальная, горизонтальная
Диапазон рабочих углов:	
- по азимуту, град	± 85
- по углу места, град	от 2 до 60
Диапазон частот, ГГц	14-14,5 на передачу 10,95-11,2 на приём
Вид модуляции сигнала	BPSK, QPSK
Символьная скорость, Мбит/с	до 2
Интерфейс обмена информацией	Ethernet 100/1000

космических аппаратов (КА) ДЗЗ. В различных стадиях разработки находятся от 200 до 300 новых проектов по реализации перспективных возможностей наблюдения и съемки Земли из космоса.

Эффективность применения КА ДЗЗ обеспечивается наземными комплексами, осуществляющими прием и регистрацию космической информации (КИ), ее обработку и хранение, а также изготовление тематических продуктов для предоставления потребителям информации.

Именно такой типовой наземный комплекс приема, регистрации и обработки КИ от КА ДЗЗ установлен в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского в Санкт-Петербурге.

Разработчиком данного комплекса является Научно-исследовательский институт точных приборов (ОАО «НИИ ТП», Москва). Антенная система этого комплекса принимает КИ в X-диапазоне (8,025 – 8,400 ГГц). Диаметр зеркала антенны составляет 2,4 м. Рефлектор установлен на крыше пятиэтажного здания (см. рис. 1 и табл. 1).

Данный комплекс предназначен для обучения студентов–слушателей академии следующим навыкам:

- планирования и подготовки к сеансу связи с КА;
- управления антенной и трактом приема;
- регистрации КИ и ее структурного восстановления (визуализации);
- проведения первичной обработки КИ;
- проведения тематической обработки КИ;
- систематизации и архивного хранения КИ.

В состав комплекса входят:

- комплекс приема и регистрации информации (КПРИ);
- комплекс восстановления и цифровой обработки информации (КВЦОИ) (для КА типа «Ресурс»);
- рабочее место первичной обработки данных с зарубежных КА (РМ ОДЗКА) (для КА Terra, Aqua);
- рабочее место вторичной (в том числе тематической) обработки (РМО);
- база геоинформационных данных (БГД);
- локальная вычислительная сеть (ЛВС).

На рис. 2 отображены этапы работы комплекса приема, регистрации и обработки КИ от КА ДЗЗ.



Рис. 1. Рефлектор антенной системы на крыше здания Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

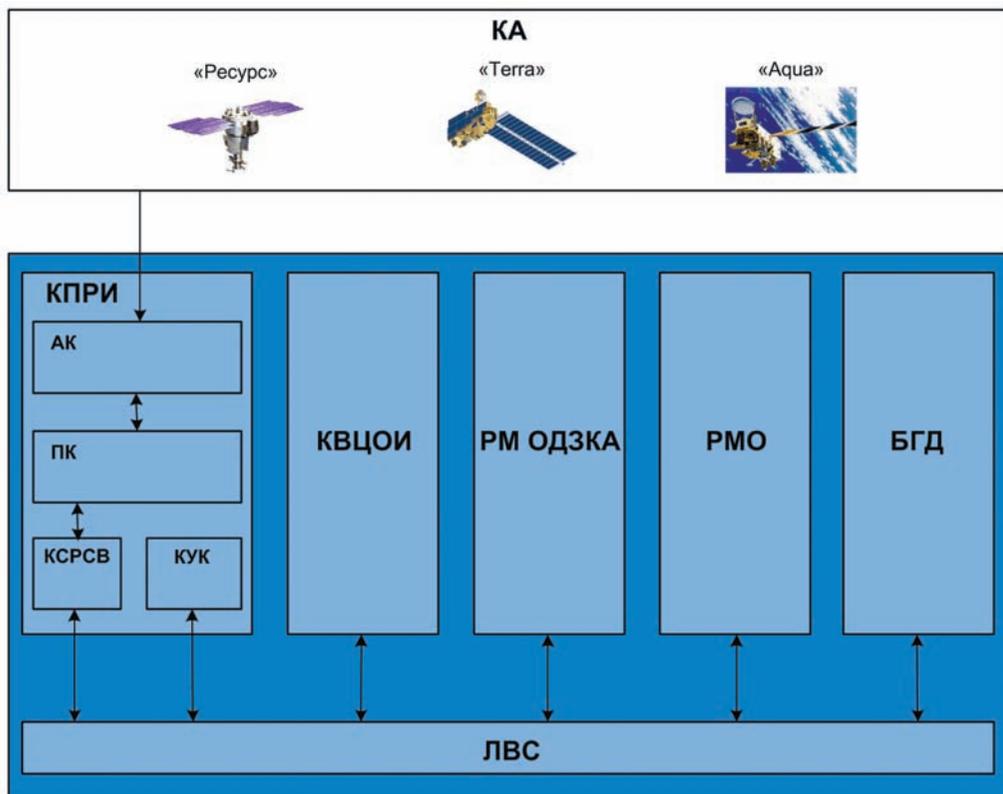
Формирование планов работы КА типа «Ресурс» осуществляется оператором космических средств ДЗЗ, которым в настоящее время является НЦ ОМЗ (Научный центр оперативного мониторинга Земли).

В соответствии с поступившими оператору КА «Ресурс» заявками потребителей осуществляется

Таблица 1

Технические характеристики антенного комплекса

Параметры	Значение
Офсетный рефлектор, D, м	D= 2,4
Схема построения опорно-поворотного устройства	Азимутально-угломестная
Диапазон рабочих углов: – по азимуту, град – по углу места, град	±270 От –5 до 95
Максимальные скорости наведения: – по азимуту, градус/с (не менее) – по углу места, градус/с (не менее)	15 10
Суммарная погрешность наведения, угл. мин. (не более)	5
Функционирование при максимальной скорости ветра, м/с	25
Габариты (ШхВхГ), м	4х4,2х4
Масса, кг	1200
Материал рефлектора	Алюминиевый сплав с порошковым покрытием
Полоса принимаемых частот, ГГц	8,025—8,40
Поляризация	Правая круговая
Коэффициент усиления, дБ (не менее)	42
Скорость приема и регистрации, Мбит/с	До 153 по каждому из приемных каналов
Объем памяти накопителя, Тбайт (не менее)	2
Режим работы	Программное наведение Ручное наведение



КА - космический аппарат;
 КПРИ – комплекс приёма и регистрации информации;
 АК - антенный комплекс;
 ПК - приёмный комплекс;
 КСРСВ – комплекс синхронизации, регистрации и структурного восстановления;
 КУК – комплекс управления и контроля;
 КВЦОИ - комплекс восстановления и цифровой обработки информации;
 РМ ОДЗКА - рабочее место первичной обработки данных с зарубежных КА;
 РМО - рабочее место вторичной (в т.ч. тематической) обработки;
 БГД - база геоинформационных данных;
 ЛВС - локальная вычислительная сеть.

Рис. 2. Функциональная схема комплекса приема, регистрации и обработки КИ от КА ДЗЗ

распределение задач по съемке земной поверхности, а также определение порядка сброса информации с КА на пункты приема информации, одним из которых является комплекс в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского.

В результате планирования оператор формирует:

- план работы бортовой аппаратуры (рабочую программу);
- исходные данные для приема и обработки информации.

План работы бортовой аппаратуры в соответствии с технологией работы КА «Ресурс» передается в составе рабочей программы на борт КА и, начиная с определенного времени, заложенного в программе, управляет его работой.

Исходные данные для приема и обработки информации в виде файлов передаются (как правило, по каналам связи) на пункт приема информации в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского.

Основными исходными данными, необходимыми для обеспечения приема информации от КА «Ресурс», являются:

- начальные условия движения КА;
- исходные данные по сеансу связи (ИДСС);
- исходные данные обработки информации (ИД ОИ).

Исходные данные ИДСС и ИДОИ содержат сведения о времени проведения сеансов связи (сеансов выдачи специальной информации), количестве и параметрах маршрутов съемки, режимах работы бортовой аппаратуры и другие служебные данные. Как правило, ИДСС и ИДОИ формируются исходя из суточного цикла управления КА, т.е. содержат данные о съемке территории и сеансах сброса информации на предстоящие сутки.

Указанные исходные данные поступают на пункт приема информации заблаговременно (не менее чем за 2 ч до сеанса связи).

После приема исходных данных они записываются в комплекс управления и контроля (КУК) (из состава КПРИ). КУК осуществляет их преобразование и выдачу необходимых данных во взаимо-

действующие системы, в первую очередь в комплекс синхронизации, регистрации и структурного восстановления КРСВ (из состава КПРИ) и КВЦОИ.

Так как для космических аппаратов ДЗЗ Terra и Aqua целевая съемка и сброс информации на пункты приема специально не планируются, планирование приема информации для данных КА ведется по следующей технологии: операторы, осуществляющие управление КА ДЗЗ Terra и Aqua, на своих сайтах в сети Интернет публикуют данные о времени и параметрах целевой съемки, времени и месте включения передающей аппаратуры для сброса информации; КПРИ анализирует опубликованные данные и исходя из своих возможностей и поставленных задач определяет:

- время возможного приема информации;
- наличие в составе передаваемой информации интересующих маршрутов.

ПРИЕМ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Прием специальной информации (СИ) от космических аппаратов ДЗЗ «Ресурс», Terra и Aqua осуществляется с использованием антенной системы и аппаратуры КПРИ. В процессе приема осуществляется декодирование специальной и служебной информации и ее запись на рабочую станцию КПРИ.

После приема с КА «Ресурс» записанная информация поступает на рабочие станции КВЦОИ, где осуществляется ее первичная обработка, включающая, как правило, следующие типовые операции, характерные для космических оптико-электронных систем:

- распаковка информации сеанса приема;
- декодирование изображений, закодированных бортовой аппаратурой КА «Ресурс»;
- восстановление строчно-линейной структуры видеоинформации с постоянными параметрами «сшивки» матриц и зон компенсации;
- коррекция яркости;
- линейная фильтрация;
- расширение динамического диапазона;
- сшивка изображения маршрута в единое

целое (при необходимости);

- преобразование изображений маршрутов в типовые и (или) специализированные форматы;
- выдача обработанных маршрутов на РМО.

После приема с космических аппаратов Terra и Aqua записанная информация поступает на рабочее место обработки данных с зарубежных космических аппаратов (РМ ОДЗКА), где осуществляется ее первичная обработка.

ВТОРИЧНАЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ ТЕМАТИЧЕСКАЯ) ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Вторичная (в том числе тематическая) обработка, как правило, включает:

- тематическую обработку информации;
- повышение дешифровочных свойств изображений;
- оценку качества информации;
- привязку маршрута (маршрутов) к карте;
- определение координат одиночных объектов (целей);
- геокодирование и ортофототрансформирование; формирование отчетных информационных документов (в том числе геоинформационных);
- создание специализированных растровых и векторных слоев для геопространственных систем;
- создание 3D-моделей, построение рельефа местности;
- запись данных и документов в БГД.

Содержание тематической обработки информации зависит от целевых задач. Следует различать виды тематической обработки, например:

- поиск полезных ископаемых;
- поиск и определение трасс для строительства автомобильных и железных дорог;
- уточнение водных ресурсов;
- планирование городского строительства;
- лесопользование;
- контроль сельхозугодий;
- ликвидация чрезвычайных ситуаций;
- составление (обновление) топографических карт; многое другое.

Одним из видов тематической обработки видовой

информации является дешифрирование — технологический процесс, основное содержание которого заключается в выявлении, распознавании и определении характеристик объектов, отображенных на фотоснимке местности (определение по ГОСТ Р52369-2005).

Любая тематическая обработка осуществляется, как правило, с использованием накопленных данных и знаний, т. е. требует информационной поддержки в виде баз данных и/или знаний.

Программные средства вторичной обработки информации ДЗЗ обеспечивают совместный анализ материалов космической и аэросъемки в видимом, ИК и СВЧ диапазонах спектра, картографических материалов, формализованных данных по изучаемой территории, а также разработку по результатам анализа отчетно-информационных документов.

Стандартом де-факто в области обработки данных ДЗЗ является программный продукт ERDAS IMAGINE. Он имеет широкий набор инструментов и создан специально для обработки данных ДЗЗ и интеграции полученных результатов в ГИС.

Что касается других задач вторичной обработки (повышение дешифровочных свойств изображений, оценивание качества информации, привязка маршрутов к карте и многие другие), их решение осуществляется выборочно, исходя из решаемых в учебном процессе задач.

Использование наземных комплексов приема, регистрации и обработки КИ от КА ДЗЗ, подобных установленному в Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, дает возможность студентам — слушателям академии наглядно изучить принципы работы космических и наземных средств ДЗЗ, участвовать в процессе планирования сеанса связи, осуществлять прием и обработку информации с КА, проводить собственные научные исследования, а также приобрести практический опыт использования информации, полученной с КА ДЗЗ.

Оперативный спутниковый контроль природных ресурсов, динамики природных процессов и явлений, чрезвычайных ситуаций является мощным инструментом сбора информации о состоянии интересующей территории (страны, края, города), необходимой для принятия правильных и своевременных управленческих решений.