

## **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ УНИВЕРСИТЕТСКОГО МИКРОСПУТНИКА**

**В. А. Саечников, А. А. Спиридонов, С. В. Лешкевич,  
Е. В. Верхотурова, В. Р. Ермакович**

---

*Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь  
E-mail: sansan@tut.by*

Рассматривается создание экспериментальной базы подготовки специалистов аэрокосмической отрасли на примере учебного центра управления полетами университетского микроспутника. Описываются структура, принципы функционирования и основные задачи центра и его подсистем.

*Ключевые слова:* аэрокосмическая отрасль, центр управления полетом, микроспутник, наземный комплекс управления, приема и обработки научной информации и телеметрии.

### **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БАЗЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Аэрокосмические технологии оказывают нарастающее влияние на экономическое и социальное развитие, все аспекты жизнедеятельности государства и общества и представляют собой уникальное поле исследовательской и образовательной деятельности, где пересекаются сферы интересов практически всех направлений научных знаний.

В настоящее время в Республике Беларусь создана Белорусская космическая система дистанционного зондирования (БКСДЗ), которая рассматривается как основа космической отрасли республики. Одним из необходимых элементов БКСДЗ, обеспечивающих ее устойчивое развитие, является подготовка и переподготовка кадров.

Для координации деятельности системы подготовки и переподготовки кадров для аэрокосмической отрасли Беларуси в январе 2008 г. был создан Центр аэрокос-

мического образования. Центр действует на базе Белорусского государственного университета на факультете радиофизики и компьютерных технологий и позволяет обеспечить как подготовку так и переподготовку специалистов в областях, связанных с космическими технологиями и использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Центр аэрокосмического образования ведет работу по трем основным направлениям: образование, дистанционное зондирование и университетский микроспутник.

С 2009 г. на факультете радиофизики и компьютерных технологий БГУ в рамках специальности «Радиофизика» осуществляется подготовка по специализации «Спутниковые информационные системы и технологии», а с сентября 2010 г. открыта новая специальность «Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии», которая включает в себя специализации: «Глобальные навигационные и телекоммуникационные системы», «Радиоэлектронные системы обработки и передачи информации», «Бортовые и наземные информационные комплексы».

Наиболее актуальной для факультета радиофизики и компьютерных технологий является задача подготовки специалистов аэрокосмической отрасли, занимающимися вопросами:

- управления космическим аппаратом и наземным комплексом, разработкой программного обеспечения систем управления;
- разработкой перспективных систем связи;
- разработкой и проведением научных экспериментов;
- баллистического сопровождения космического аппарата;
- приема, обработки и анализа информации телеметрии и аппаратуры целевой нагрузки;
- сопровождения программно-аппаратных средств наземных комплексов управления космическим аппаратом;
- разработкой бортовой аппаратуры, программного обеспечения и интеграции в единый комплекс космического аппарата.

Решение этой задачи невозможно без создания практической базы подготовки специалистов аэрокосмической отрасли. Поэтому в Центре аэрокосмического образования создается наземный комплекс управления, приема и обработки научной информации и телеметрии образовательных микроспутников и данных КА ДЗЗ, а также разрабатывается проект учебного центра управления полетами университетского микроспутника.

Наземный комплекс управления, приема и обработки научной информации и телеметрии образовательных микроспутников и данных КА ДЗЗ построен на основе

- антенных систем частотного диапазона 145/445 МГц и 1,7/8,2 ГГц;
- приемо-передающих радиостанций Kenwood TM-D710A и ICOM ID-1;
- модемно-согласующих устройств;
- управляющих компьютеров со специальным программным обеспечением;
- наземных станций приема и обработки данных КА ДЗЗ и образовательных микроспутников, разработанных в центре аэрокосмического образования БГУ и работающих в *L*- и *X*-диапазонах;
- программного обеспечения по управлению микроспутником, приему и обработке данных, полученных с целевой аппаратуры образовательных микроспутников и спутников ДЗЗ.

Учебный центр управления полетами (ЦУП) будет осуществлять оперативно-техническое руководство работами по приему и обработке телеметрической и научной информации, управлению университетскими микроспутниками, проведению обучения специалистов в режиме имитации в различных временных масштабах, отработке аппаратных и программных средств Центра управления полетами. Кроме этого, ЦУП будет координировать работу университетов-пользователей и выдавать им целеуказания по приему информации с университетских микроспутников.

Современный микроспутник немыслим без применения современных информационных технологий как в составе бортовой аппаратуры, так и на наземном комплексе управления и приема. Всесторонняя подготовка специалистов, владеющих знаниями и навыками в области построения систем управления и сбора информации с микроспутника, является велением времени. Одним из эффективных путей подготовки высококвалифицированных специалистов для аэрокосмической отрасли является привлечение студентов к работе с реальными и учебными космическими проектами. Создание университетских спутников – один из важных этапов такой подготовки.

В настоящее время в Центре аэрокосмического образования создается лаборатория по разработке малых космических аппаратов. Исходя из специфики подготовки специалистов на факультете радиофизики и компьютерных технологий предполагается в рамках проекта разработать программно-технические средства по проектированию радиоэлектронных средств и компьютерных технологий создания малых космических аппаратов и управления ими.

Разработка нового бортового оборудования МКА и научной аппаратуры невозможна без проведения отработки и испытаний в составе единого комплекса бортовой аппаратуры и научных приборов. Для решения этой задачи в Центре аэрокосмического образования создается учебный модуль системы управления, сбора, обработки научной информации и телеметрии университетского микроспутника (СУСИ).

Цель использования СУСИ – обеспечение гибкого управления и оптимальной работы разнообразных научных приборов при сохранении стандартного единого режима взаимодействия со служебной (бортовой) аппаратурой космического аппарата.

Такая система может производить трансляцию и преобразование командных сигналов и сигнала времени, опрос приборов по гибким алгоритмам, получение научной информации, временное хранение, форматирование и бортовую обработку данных, их передачу в служебную телеметрию или радиокомплекс.

СУСИ должна иметь определенный набор интерфейсов, которые обеспечат подключение приборов разной информационной мощности, а также возможности гибкой реконфигурации и масштабирования системы под задачи эксперимента.

Система связи СУСИ обеспечивает прием и трансляцию командных сигналов и информации научной аппаратуры и телеметрии. Она состоит из спутникового модема и антенной системы, работающей в диапазоне радилюбительских спутников и осуществляющей связь с учебным центром управления полетами, расположенным территориально в другом здании. Гибкость архитектуры СУСИ позволяет отрабатывать другие перспективные системы связи коротковолновой части спектра, а также осуществлять сбор научных данных, управление научными приборами, трансляцию командных сигналов, отработку нового оборудования бортовой аппаратуры и научных приборов.

## ПРОЕКТ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕЛГОСУНИВЕРСИТЕТА

Для управления университетскими микроспутниками создаются собственные центры управления полетом (ЦУП). В 2008 г. в рамках европейской программы Tempus был представлен проект CRIST. Консорциум проекта составили университеты и организации из Германии, Бельгии, Нидерландов, Казахстана, России и Украины. Общей целью участников стали разработка и внедрение новой модернизированной учебной программы высшего образования в области космических технологий. Одним из целевых вузов стал Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева.

Основная цель проекта – создание и внедрение сети учебных наземных станций контроля малых спутников, а также учебных лабораторий микроспутников. В рамках проекта происходит модернизация Студенческого центра управления полетами. Университетские ЦУПы осуществляют оперативно-техническое руководство комплексом работ по приему телеметрической информации и управлению полетами универсальных малых космических аппаратов (МКА); наблюдение за спутниками и космическим мусором и самую главную задачу – обучение специалистов.

Целью проекта учебного центра управления полетом Белгосуниверситета является разработка и изготовление программно-аппаратных средств учебного центра управления полетами университетского микроспутника.

Центр управления полетом будет предназначен для управления университетским микроспутником после вывода его на орбиту в течение всего срока активного существования, обучения специалистов аэрокосмической отрасли, проведение экспериментов по отработке оборудования наземного комплекса, бортового оборудования космического аппарата (КА) и аппаратуры целевой нагрузки, отработки основных задач подсистем ЦУП и их взаимодействия.

ЦУП должен решать следующие задачи;

- обработку и анализ телеметрической информации о состоянии КА;
- формирование командно-программной информации, обеспечивающей управление КА в полете, определение и управление ориентацией;
- обработку навигационных параметров, расчет начальных условий и прогнозирование параметров движения КА;
- отображение информации, поступающей от средств приема и передачи информации;
- формирование программ работы бортовой и обеспечивающей аппаратуры КА;
- проведение сеансов контроля орбиты и коррекции орбиты КА для поддержания необходимой баллистической структуры;
- проведение сеансов управления, состоящих из выдачи разовых команд (РК) и закладки на борт КА командно-программной информации (КПИ) для управления бортовой аппаратурой и бортовым программным обеспечением;
- проведение сеансов приема телеметрической информации (ТМИ) и информации «Отчет БЦВМ» (бортовой цифровой вычислительной машины) для определения работоспособности и параметров работы бортовой аппаратуры;

- прием с борта сигнала «Вызов НКУ» в случае возникновения на КА нештатной ситуации, неустранимой автономно самим КА, и проведение необходимых операций по анализу и устранению причин неисправности;
- проведение регламентных работ с КА;
- обеспечение информационного обмена между элементами Наземного комплекса управления и взаимодействие НКУ с привлекаемыми комплексами и службами, в том числе с Центрами управления и эксплуатации систем связи, структурно не входящими в состав НКУ;
- проведение экспериментов по отработке оборудования наземного комплекса, бортового оборудования КА и аппаратуры целевой нагрузки.

В состав ЦУП должны входить:

- наземный комплекс дистанционного обслуживания космическим аппаратом;
- узел связи;
- помещение и программно-аппаратные средства для рабочих групп анализа и управления, баллистического обеспечения, технической поддержки, обработки информации;
- имитатор космического аппарата.

Наземный комплекс дистанционного обслуживания космическим аппаратом может быть построен на основе уже имеющегося наземного комплекса управления, приема и обработки научной информации и телеметрии образовательных микроспутников. Он предназначен для работы в качестве радиоприемного и радиопередающего пункта с функциями формирования передаваемой и регистрации принимаемой информации командного, телеметрического и информационного обслуживания. Возможности и технические характеристики наземного комплекса позволяют производить эффективное управление и прием телеметрии микроспутника, используя каналы связи 145/445 МГц, а высокоинформативные каналы связи 1,7/8,2 ГГц могут использоваться для приема научной информации.

Имитатор космического аппарата связи может быть построен на основе:

- сервера IBM System p5;
- программного обеспечения имитатора космического аппарата;
- учебного модуля системы управления, сбора, обработки научной информации и телеметрии университетского микроспутника, имитирующего работу БЦВМ с интерфейсами подключения целевой аппаратуры и радиотехнического комплекса.

Имитатор космического аппарата связи предназначен:

- для отработки средств Центра управления полетами (ЦУП);
- обучения операторов ЦУП;
- проверки и отработки эксплуатационной документации;
- проведения отработки и испытаний в составе единого комплекса бортовой аппаратуры и научных приборов КА.

Для реализации управления КА проведение экспериментов по отработке оборудования, эффективного обучения специалистов должна быть создана организационная структура ЦУПа, состоящая из следующих подсистем (групп):

- *подсистемы управления КА (группа управления)*, которая будет решать задачи планирования работы КА, управления, формирования командно-программной информации;

- *подсистемы планирования и проведения космических экспериментов (научная группа)*, определяющей режимы работы аппаратуры целевой нагрузки и бортовых систем в целях оптимального решения поставленных научных задач космических экспериментов, осуществляющей непосредственное управление экспериментами;
- *подсистемы баллистического обеспечения (группа баллистического обеспечения)*, обеспечивающей баллистический прогноз для планирования работ и оперативного управления, а также расчет необходимых параметров навигации и ориентации для интерпретации результатов измерений;
- *подсистемы приема, обработки и хранения данных целевой нагрузки (группа обработки информации)*, осуществляющей прием и первичную обработку информации, ее архивацию и хранение, обеспечение единой информационной среды, с помощью которой реализуется унифицированный механизм доступа к ресурсам системы;
- *подсистемы технической поддержки (группа технической поддержки)*, в задачи которой входит сопровождение программно-аппаратных средств ЦУП;
- *подсистемы телеметрического контроля (группа телеметрии)*, в задачи которой входит прием, обработка и анализ телеметрической информации; члены этой группы курируют работы по отдельным бортовым системам и комплексам космического аппарата.

Подсистемы ЦУПа должны быть интегрированы в единую среду с использованием современных подходов, на основе сервис-ориентированной архитектуры (SOA – Service Oriented Architecture).

Основные отличительные особенности этого подхода: возможность интеллектуальной маршрутизации информационных потоков, конфигурирования (в отличие от перепрограммирования) сервисов, а также возможность поэтапного развертывания. Единая унифицированная коммуникационная среда позволяет снизить риск возникновения ошибок, упростить работу пользователей.

Технические характеристики ЦУПа связаны международными соглашениями по радиочастотам. Для связи с университетскими микроспутниками используются диапазоны частот 145 и 435 МГц, выделенные международными соглашениями для проведения экспериментальных и радиолюбительских радиосвязей. Радиолинии связи организованы в двух диапазонах частот: Земля – борт университетского микроспутника – 145 МГц; борт университетского микроспутника – Земля – 445 МГц. Диапазоны 145 и 445 МГц имеют компромиссное сочетание уровней шумов и затухания, позволяющих строить служебные линии радиосвязи с микроспутником, обеспечивающие достаточно уверенный обмен радиосигналами при ненаправленном излучении с борта микроспутника, что, в свою очередь, обеспечивает взаимодействие с неориентированными микроспутниками или с микроспутниками, имеющими нарушения в штатной ориентации.

Создание экспериментальной базы позволит осуществить качественную подготовку специалистов аэрокосмической отрасли в интересах функционирования БКСДЗ и инновационного развития Республики Беларусь, а также проводить разработку новых эффективных методов постановки космических экспериментов, обработки и интерпретации результатов, отработку новых перспективных космических технологий. Учебный центр управления полетами позволит реализовать комплексный подход к

развитию и внедрению прикладных космических технологий в учебный процесс БГУ. К его деятельности, помимо преподавателей БГУ, будут привлекаться ведущие специалисты предприятий Государственного военно-промышленного комитета, Государственного комитета по имуществу, Национальной академии наук Республики Беларусь в области прикладных космических технологий.

---