

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО МИКРОСПУТНИКА

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

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

Рассматривается разработка программно-аппаратных средств учебного центра управления полетом. Описываются структура, принципы функционирования составных частей учебного центра управления полетом.

Ключевые слова: центр управления полетом, наземный комплекс дистанционного обслуживания космического аппарата, система управления, сбора, обработки научной информации и телеметрии.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время динамичное развитие аэрокосмических информационных технологий и систем в мире, необходимость их широкого внедрения практически во все отрасли народного хозяйства и военной организации страны привело к созданию в Беларуси космической отрасли. Для координации деятельности системы подготовки и переподготовки кадров для аэрокосмической отрасли Беларуси в январе 2008 г. был создан Центр аэрокосмического образования. Центр действует на базе Белорусского государственного университета, на факультете радиофизики и компьютерных технологий. Он 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.

Подготовка специалистов аэрокосмической отрасли требует современной экспериментальной базы, учитывающей новейшие тенденции развития аппаратных и

программных средств постановки космических экспериментов. Радиоэлектронные системы современных космических аппаратов и наземных комплексов управления являются сложнейшими информационно-управляющими комплексами.

Наиболее актуальной является задача подготовки специалистов аэрокосмической отрасли, занимающихся вопросами: управления космическим аппаратом и наземным комплексом, разработки программного обеспечения систем управления, разработки и проведения научных экспериментов, баллистического сопровождения космического аппарата, приема, обработки и анализа информации телеметрии и аппаратуры целевой нагрузки, разработки бортовой аппаратуры, программного обеспечения и интеграции в единый комплекс.

Решение этой задачи невозможно было без создания практической базы подготовки специалистов аэрокосмической отрасли. Поэтому в Центре аэрокосмического образования создается учебный центр управления полетами (ЦУП) университетского микроспутника. Центр предназначен для осуществления оперативно-технического руководства работами по приему и обработке телеметрической и научной информации, управлению микроспутником, проведению обучения специалистов в режиме имитации в различных временных масштабах, отработке и испытаний аппаратных и программных средств управления полетами и бортовой аппаратуры и научных приборов космического аппарата.

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УЧЕБНОГО ЦЕНТРА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ

В состав программно-аппаратных средств учебного центра управления полетом должны входить:

- наземный комплекс дистанционного обслуживания космических аппаратов;
- 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 наземного комплекса позволяют производить эффективное управление и прием телеметрии микроспутника, используя каналы связи 145/445 МГц, а для приема научной информации могут использоваться высокоинформативные каналы связи 1,7/8,2 ГГц.

Технические характеристики наземного комплекса дистанционного обслуживания космическим аппаратом связаны международными соглашениями по радиочастотам. Для связи с университетскими спутниками используются диапазоны частоты –137–445 МГц, выделенные международными соглашениями для проведения экспериментальных и радиолобительских 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.

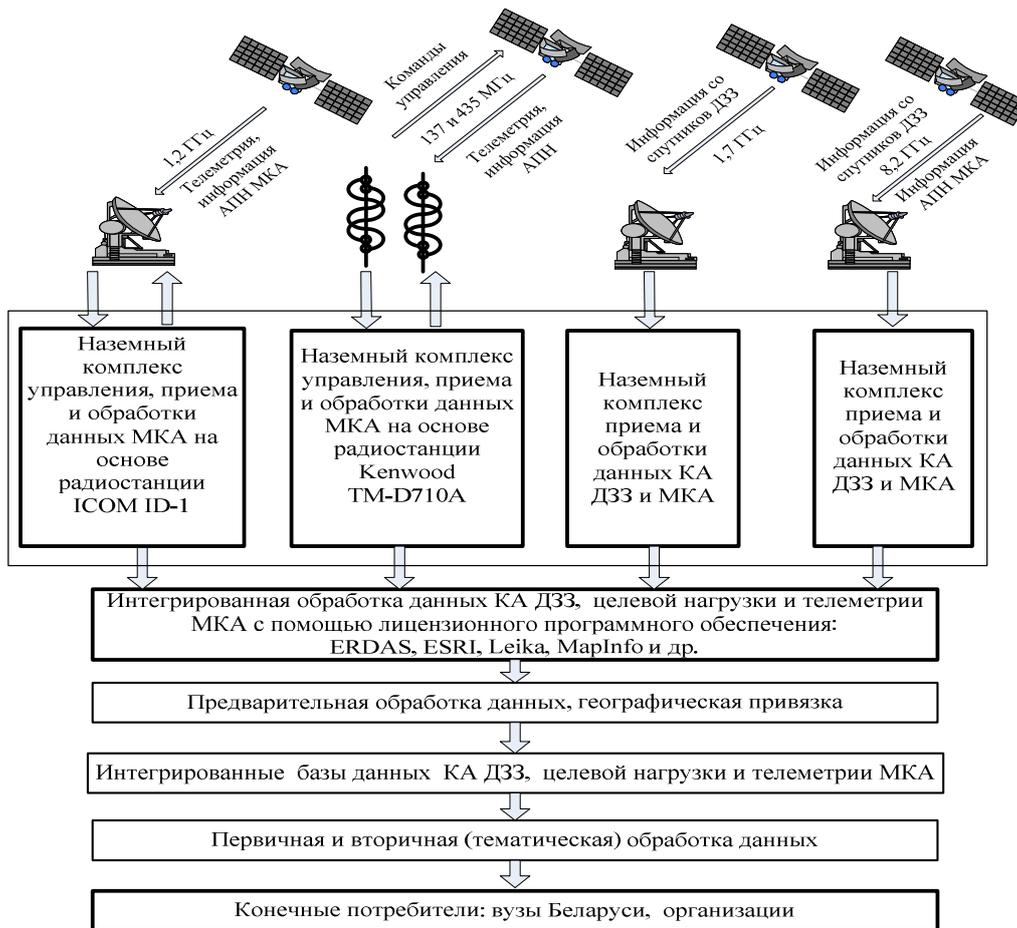


Рис. 1. Наземный комплекс дистанционного обслуживания космическим аппаратом

Наземный комплекс дистанционного обслуживания космическим аппаратом, как это показано на рис. 1, будет построен на основе:

- антенных систем 145/435 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.

Имитатор космического аппарата связи предназначен для отработки средств центра управления полетами, обучения операторов и рабочих групп ЦУП, для проведения отработки и испытаний в составе единого комплекса бортовой аппаратуры и научных приборов КА. Он может быть построен на основе:

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

Цель использования СУСИ – обеспечение гибкого управления и оптимальной работы разнообразных научных приборов при сохранении стандартного единого режима взаимодействия со служебной 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 радиокomплекс. СУСИ может быть построена на основании промышленного компьютера (ПК), обладающего широким набором интерфейсных модулей подключения с научными приборами и служебной аппаратурой микроспутника, системы связи, обеспечивающей прием командных сигналов и трансляцию информации научной аппаратуры и телеметрии. В качестве системы связи рассматривается спутниковый модем и антенная система, работающая в радиолобительском диапазоне и осуществляющая связь с учебным центром управления полетом, расположенным территориально в другом здании. Гибкость архитектуры СУСИ позволяет отрабатывать другие перспективные системы связи коротковолновой части спектра.

На рисунке 2 приводится функциональная схема СУСИ для микроспутника. За счет организации периодического переключения предлагается создать унифицированную СУСИ на базе доступных интегральных микросхем и ПК.

СУСИ представляет собой распределенную вычислительную систему, которая включает системный контроллер (СК), высокопроизводительную ПК формата MiniPC и специализированные локальные контроллеры (ЛК), обслуживающие несколько систем. СК является ядром СУСИ и контроллером сети, а во время сеанса связи с ЦУП – удаленным терминалом радиоканала Земля – МКА. В качестве микроЭВМ для предложенной структуры СУСИ рассматривались модули ПК ConnectCore 9M 2443. Элементная база, используемая в этих модулях, зарекомендовала себя достаточно хорошо. Модули ПК ConnectCore 9M 2443 имеют достаточно большие вычислительные ресурсы (процессор ARM920T ядро на 400/533 МГц, 16 КБ кэш команд / данных; скорость шины памяти до 133 МГц; NAND флэш до 1Гб; память DDR SDRAM до 256 Мб, ожидаемая радиационная стойкость порядка 10 крад). СК позволит осуществить двусторонний обмен по радиальным связям (RS-232/422) с приемником и передатчиком бортовой командно-измерительной системы (КИС), аппаратурой системы телеметрического контроля (СТК), аппаратурой спутниковой навигации (АЧН), приборами ориентации и навигации (ПОН). Кроме того, СК позволит

осуществить двусторонний обмен с микроЭВМ, низкоинформативный обмен с ЛК систем по магистрали RS-485 и верификацию команд и командно-программной информации, поступающей по радиолинии с ЦУП, передачу их в микроЭВМ и ЛК или хранение в отказоустойчивом ОЗУ в форме временных программ, выдачу разовых команд в соответствии с информацией, полученной от НКУ, микроЭВМ или при отработке временной программы. Также предусмотрена отработка режимов включения ЛК и другой бортовой аппаратуры с выдачей соответствующих разовых команд, диагностика состояния и реконфигурация микроЭВМ, КИС, СТК, АСН, ПОН, ЛК и магистрали, формирование бортовой шкалы времени (БШВ) и синхронизация ее со шкалой времени ЦУП и таймерами ЛК, отказоустойчивое хранение системной информации, поддержка отказоустойчивости вычислений микроЭВМ, обеспечение прямой передачи командно-программной информации с ЦУП через сеть в ЛК (например при отказе микроЭВМ).

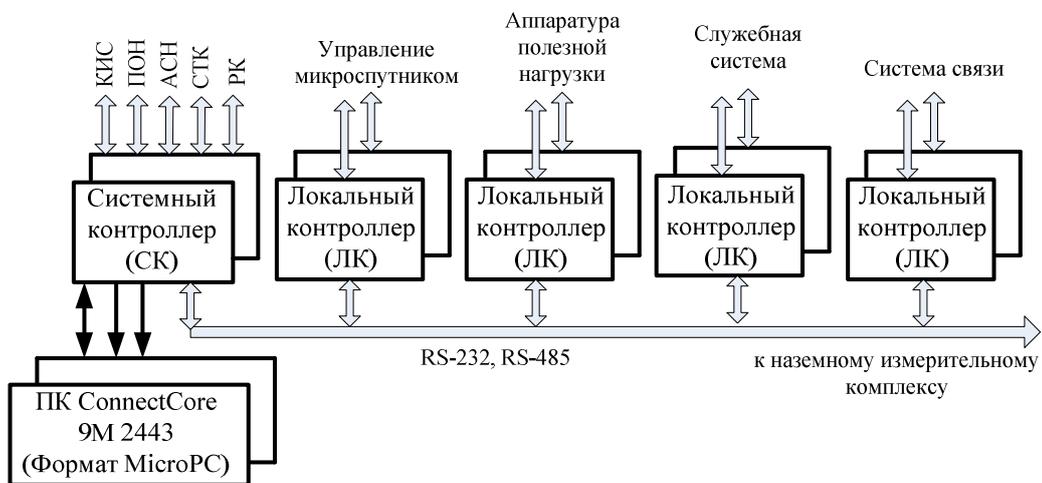


Рис. 2. Функциональная схема СУСИ

В СУСИ предусматриваются три режима управления, которые могут реализовываться в зависимости от состояния аппаратно-программных средств, при появлении незапланированных ситуаций, при выработке ресурса или при отработке новых режимов. В любом режиме сохраняется возможность выдачи разовой команды для немедленного исполнения в сеансе связи через командную матрицу СК.

1. Режим координатно-временного управления в автономной работе, согласно заданию, по результатам выполнения алгоритмов в микроЭВМ, а также автономных и временных программ, реализуемых СК и ЛК.

2. Программно-временной режим. В этом режиме вычисления выполняются на ЦУПе, а в сеансе связи через командно-телеметрическую систему происходит загрузка аналогичных временных программ непосредственно в СК и ЛК и их отработка.

3. Аварийный режим не предусматривает выполнения целевой функции, а служит для сохранения оставшихся ресурсов микроспутника, получения максимально возможной диагностической информации при полном или частичном функционировании систем. При этом СК и ЛК реализуют автономные программы, оставляя во включенном состоянии необходимый минимум аппаратуры.

Разработка учебного центра управления полетами позволит осуществить качественную подготовку специалистов в интересах функционирования БКСДЗ и инновационного развития Беларуси, проводить разработку новых эффективных методов постановки космических экспериментов, обработки и интерпретации результатов, отработку новых перспективных космических технологий и позволит реализовать комплексный подход к развитию и их внедрению в учебный процесс БГУ.
