

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ НАНОСПУТНИКОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ

**В. Е. Евчик, В. С. Баранова, Д. Н. Гринь, В. В. Домбровский,
В. В. Нехай, В. А. Саечников, И. А. Шалатонин, А. А. Спиридонов,
Д. В. Ушаков**

*БГУ. Минск, Республика Беларусь
E-mail: slava97evev@gmail.com*

Разработан комплекс инженерных моделей для обучения студентов основам работы со сверхмалыми космическими аппаратами. Комплекс включает: сеть наземных станций, 2 имитатора сверхмалых космических аппаратов, низкоорбитальный спутник BSUSAT-1 и веб-сервера с базой данных. Комплекс позволяет отрабатывать следующие задачи: изучение студентами устройства сверхмалых космических аппаратов, алгоритмов управления сверхмалыми космическими аппаратами, методики приёма телеметрии со спутника BSUSAT-1 и имитаторов, исследование способов приёма данных с СМКА и методов обработки телеметрической информации.

Ключевые слова: наноспутник, инженерная модель, наземный комплекс управления, лаборатория удаленного доступа, бортовые системы.

В настоящее время существуют около сотни фирм-производителей, предприятий, предлагающих как отдельное оборудование для сверхмалых космических аппаратов (СМКА), так и готовые решения для бортовых систем. Обычная практика разработчиков – это создание собственных модулей на основе покупных коммерческих элементов, так как такой способ разработки позволит обеспечить соответствие техническим и эксплуатационным требованиям СМКА. Для подтверждения работоспособности и заданных технических характеристик разрабатываемого оборудования и программного обеспечения (ПО) необходимо проводить предварительное тестирование и комплексные испытания при совместной работе с другими бортовыми системами в составе СМКА и наземного комплекса управления (НКУ). Эту задачу решают различные отладочные комплекты, инженерные модели, комплексы по отработке как отдельного бортового оборудования, так и всего СМКА в целом.

Для решения задач отработки управления СМКА, проведения экспериментов по отработке бортового оборудования и аппаратуры целевой нагрузки, бортового программно-математического обеспечения, оборудования комплекса управления, подготовки и переподготовки специалистов аэрокосмической отрасли в Белорусском государственном университете были разработаны комплексы для отработки бортового оборудования наноспутников [1-3].

BSUIM-1

Первый комплекс включает в себя программно-аппаратные средства: НКУ; имитатор СМКА; программно-информационный комплекс обработки бортового оборудования; лабораторный практикум «Бортовые системы и наземные комплексы управления нано и пикоспутников» [1]. Имитатор СМКА, схема которого приведена на рис.1, предназначен для проектирования и разработки бортовых систем, проведения экспериментов по отработке оборудования наземного комплекса управления, бортового оборудования и аппаратуры целевой нагрузки, подготовки и переподготовки специалистов аэрокосмической отрасли. Имитатор СМКА состоит из модулей, имитирующих работу основных бортовых систем КА: системы управления, сбора и обработки данных (СУСОД); система связи (СС); системы электроснабжения (СЭС); системы управления ориентацией и стабилизации (СУОС); системы интерфейсов (СИ); отработываемого оборудования (ОО). Для удобства работы был разработан графический интерфейс пользователя (ГИП) НКУ и собственный веб-сайт для работы с данными, представленный на рисунке 2.

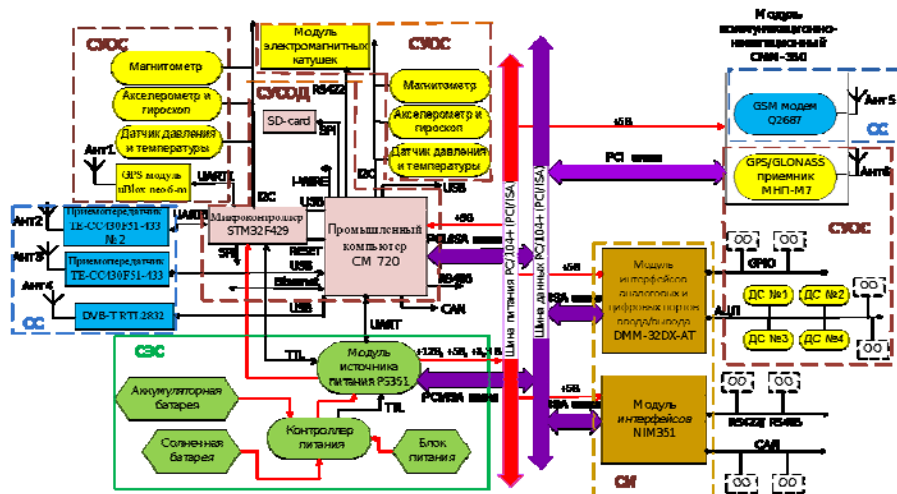


Рис.1. Структурная схема имитатора СМКА

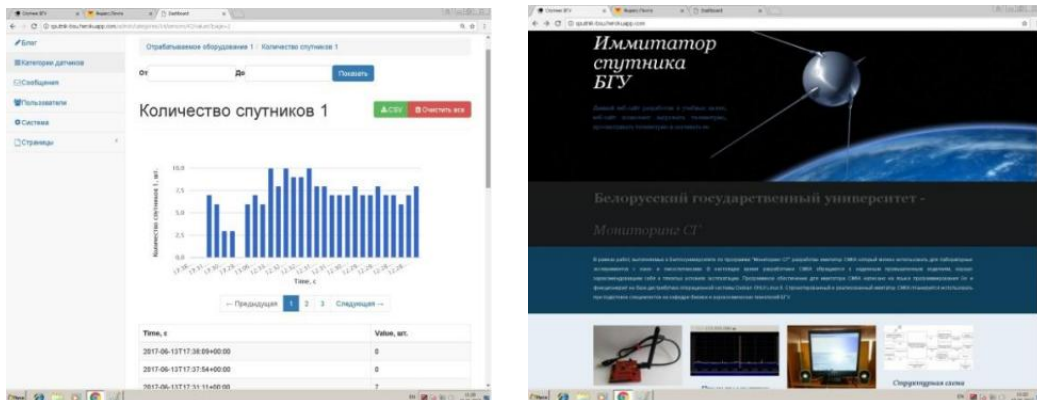


Рис.2. Веб-сайт имитатора СМКА

BSUIM-2

Второй комплекс [3] включает: лабораторные стенды, имитирующие работу бортовых систем малого космического аппарата (подсистемы «Бортовой компьютер», «Бортовой модуль связи», «Бортовой модуль определения ориентации и стабилизации») и наземного комплекса управления (подсистемы «Наземный комплекс управления»); базу данных телеметрии реальных сверхмалых космических аппаратов и ПО первичной обработки телеметрии; аппаратные средства управления, передачи и обработки данных лаборатории удаленного доступа; сайт лаборатории удаленного доступа; комплекс учебно-методических материалов для подготовки специалистов аэрокосмической отрасли на основе учебно-методическая документации для системы подготовки специалистов по направлениям «Наземные комплексы» и «Космические аппараты» [2-3].

Второй комплекс предоставляет возможность включать в архитектуру лаборатории удаленного доступа свой собственный имитатор наноспутника, выполненный в формате 2U, первый, описанный выше комплекс с имитатором, и комплекс с низкоорбитальным спутником CubeSat-1 для обучения, что представлено на рисунке 3.

Аппаратные средства подсистем, показанные на рисунке 4, имитирующих работу бортовых систем КА выполнены на не радиационно-стойкой элементной базе и включают в себя все основные бортовые системы реального сверхмалого КА: подсистему «Бортовой компьютер»; подсистему «Бортовой модуль связи»; подсистему «Бортовой модуль определения ориентации и стабилизации» систему питания подсистем.

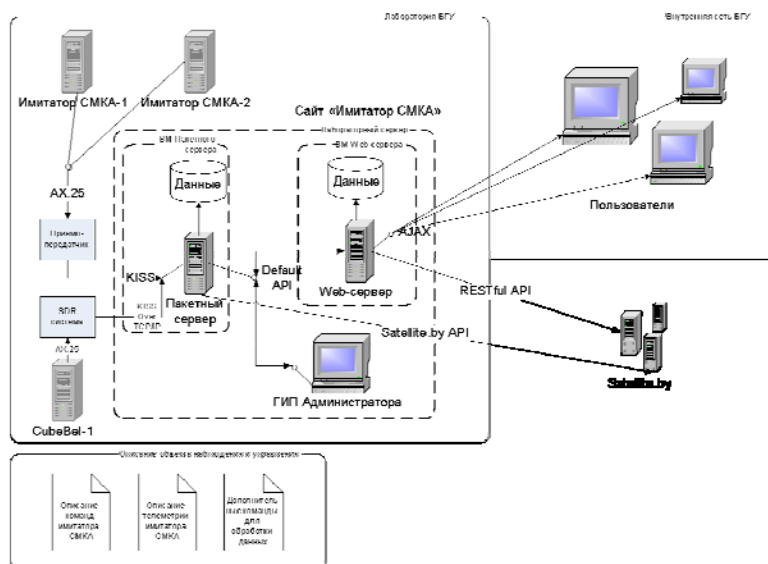


Рис.3. Архитектура лаборатории удаленного доступа

Разработанные программно-аппаратные средства для отработки бортового оборудования наноспутников позволят повысить надёжность, ра-

ботоспособность и живучесть бортового оборудования и целевой аппаратуры СМКА, повысить точность алгоритмов прогнозирования движения, определения его углового положения КА, улучшит качество разработки его бортового программного обеспечения. Кроме того, полученные результаты можно применить для практического обучения студентов аэрокосмических специальностей.

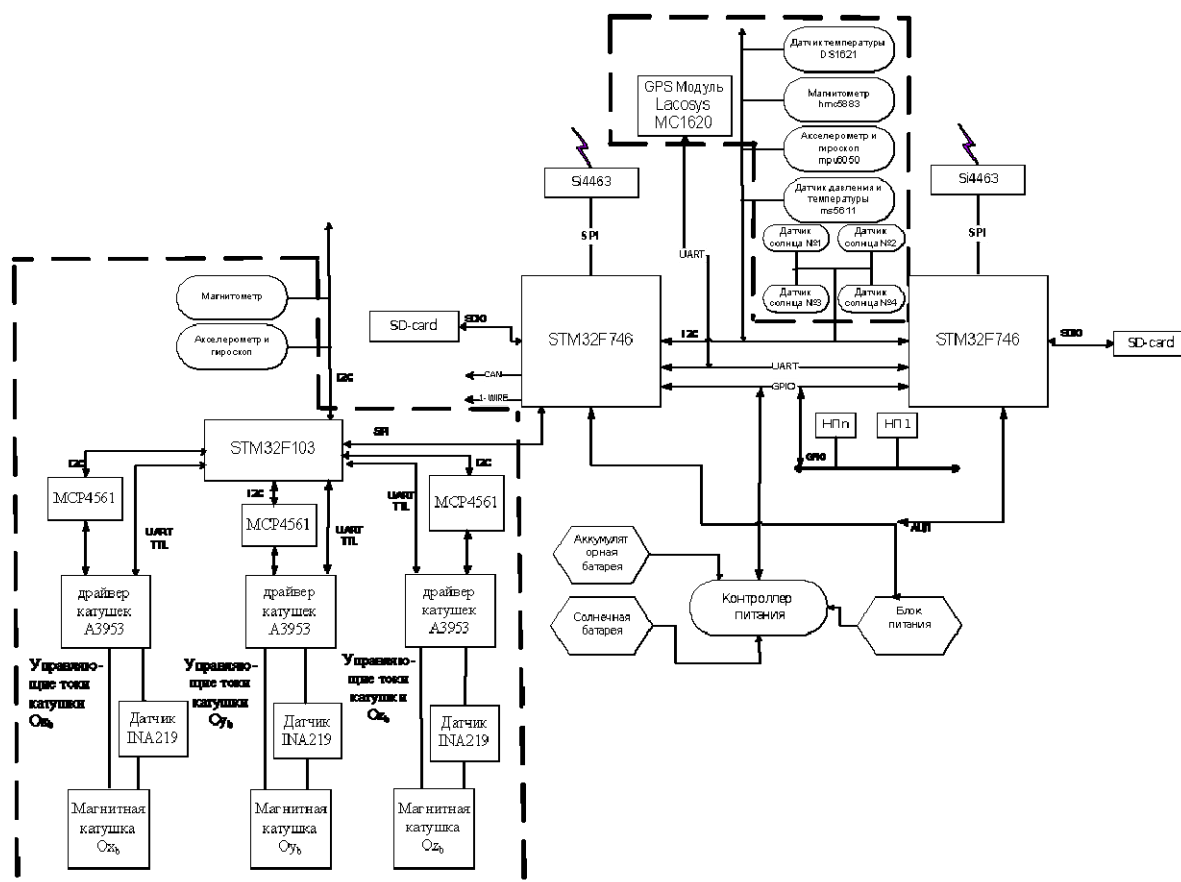


Рис.4. Подсистемы имитатора СМКА программно-аппаратных средств лаборатории удаленного доступа

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Гринь Д.Н., Домбровский В.В., Колтун Б. В., и др. Фундаментальные проблемы системной безопасности // Материалы школы-семинара молодых ученых (13-15 сентября 2017). Воронеж-Севастополь, Издательство «Цифровая полиграфия» 2017.-280 с. с 74-79.
2. Spiridonov A. A., Saechnikov V. A., Ushakov D. V., et al. Research and educational network of ground stations for receiving and processing information from educational satellites // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V.1. N.1. DOI:10.1088/1757-899X/966/1/012104.
3. Спиридонов А. А., Саечников В. А., Ушаков В. Д., Шалатонин И. А. Интеллектуальные информационные системы: труды Международной научно-практической конференции: в 2 ч.; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. Ч.1.194 с- с. 170-174