

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ НАНОСПУТНИКОВ

Е.В. Болтов, И.А. Ломака, С.В. Шафран, М.С. Щербаков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

[igorlomaka63@gmail.com](mailto:igorlomaka63@gmail.com)

Разрабатываемая бортовая аппаратура (БА) для космических аппаратов проходит ряд предполетных испытаний, и тестирование аппаратуры является ответственной и трудоемкой задачей.

В последние годы в космической индустрии активно развивается сфера малых недорогих космических аппаратов. При разработке бортовой аппаратуры для малых космических аппаратов использование электрорадиоизделий (ЭРИ), квалифицированных для космического применения, становится нецелесообразным в силу их высокой стоимости. Поэтому в большинстве случаев применяют ЭРИ индустриального исполнения, при этом возникает важный вопрос надежности такой аппаратуры. Вследствие этого тестирование, наземная отработка и проведение предполетных испытаний бортовой аппаратуры МКА (малых космических аппаратов) в том числе наноспутников (НС) требуют особенно пристального внимания.

Важную роль в тестировании электронной БА занимает функциональный контроль, который также задействуется при верификации БА, ее подсистем и программного обеспечения [1]. Применение функционального контроля в сочетании с другими типами проверок в рамках наземной отработки и предполетных испытаний позволяет получить более достоверную информацию о состоянии всей полезной нагрузки МКА и, следовательно, обеспечить более точный прогноз по функционированию аппаратуры на орбите

Перед запуском наноспутник проходит ряд комплексных и автономных испытаний. Для наноспутника SamSat-ION были проведены следующие автономные испытания: испытания системы раскрытия, испытания аккумуляторных батарей в термовакуумной камере, климатические испытания бортового компьютера, климатические испытания приемопредатчика, электрорадиотехнические испытания система электропитания, функциональные испытания навигатора, функциональные испытания научной аппаратуры, функциональные испытания системы управления движением.

Комплексные испытания наноспутника включают в себя макетно-конструкторские испытания, калибровка датчиков освещенности, вибродинамические испытания, термовакуумные испытания, испытания системы управления движением в составе наноспутника. Совмещение каждого типа испытаний с функциональным тестированием БА позволяет быстро обнаружить слабые места в аппаратуре.

Структура проведения наземных испытаний наноспутника представлена на рисунке 1.

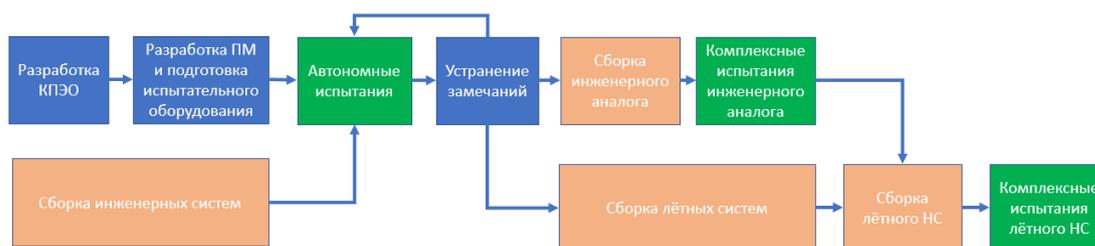


Рисунок 1 – Структура наземной отработки наноспутника SamSat-ION

Наземная отработка предполагает параллельное выполнение работ по разработке испытательной документации (написание КПЭО, программ и методик испытаний), подготовке испытательного оборудования и стендов и сборке инженерных образцов БА наноспутника.

Затем проводится набор автономных испытаний БА наноспутника, например на рисунке 2 показан внешний вид инженерного аналога системы электропитания при проведении автономных электрорадиотехнических испытаний.

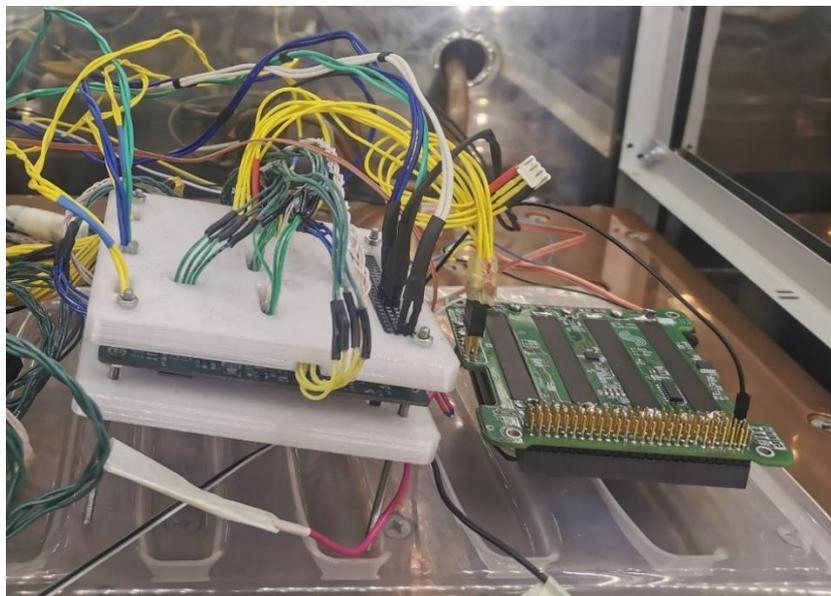


Рисунок 2 – Автономные электрорадиотехнические испытания системы электропитания

При проведении наземных испытаний активно используется наземный аналог наноспутника. Он предназначен для отработки бортовых алгоритмов и нештатных ситуаций. Использование наземного аналога позволило провести ряд испытаний в условиях, неприемлемых для летного образца наноспутника (рисунок 3).

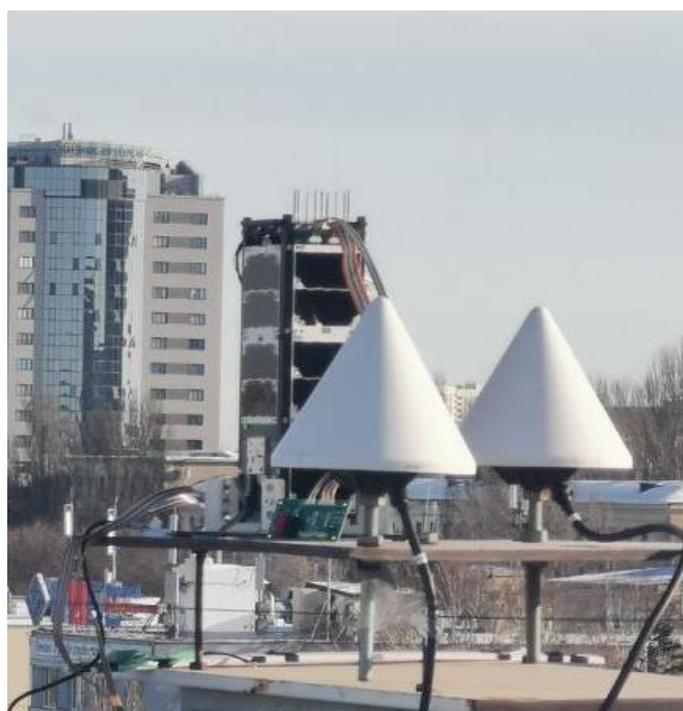


Рисунок 3 – Внешний вид наземного аналога при проведении испытаний навигационного приемника

Таким образом, представленная структура наземных испытаний позволила в сжатые сроки провести весь цикл наземной отработки наноспутника SamSat-ION и получить допуск на участие в пусковой компании по программе «УНИВЕРСАТ» в июне 2023 года.

Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

**Список литературы:**

1. J. Eickhoff. Onboard Computers, Onboard Software and Satellite Operations — An Introduction // Institute of Space Systems (IRS), University of Stuttgart, Germany: Springer, 2011.
2. Универсальная портативная система функционального контроля бортовой аппаратуры малых космических аппаратов / С.А. Подшивалов, А.С. Злобин, Т.В. Кондранин [и др.] // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2019, Т. 39, С. 55-64.