

Секция «Теоретические и прикладные задачи дистанционного зондирования Земли»

## О системе связи для микроспутников дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель – Сотникова Наталья Викторовна

*Кадочников Д.М.<sup>1</sup>, Кададова А.В.<sup>2</sup>, Уткин В.В.<sup>3</sup>*

1 - Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия, *E-mail: id9116@voentech.ru*; 2 - Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия, *E-mail: akadadova@gmail.com*; 3 - Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия, *E-mail: vlad@teamfnd.ru*

Ультракоротковолновая (УКВ) аппаратура связи, размещаемая на большинстве малых космических аппаратов (МКА) обладает недостаточной пропускной способностью для передачи больших объемов данных.[1] Оснащение МКА только УКВ оборудованием связи существенно ограничивает их возможности по проведению ДЗЗ, простая и недорогая аппаратура S диапазона позволит существенно расширить возможности существующих микроспутниковых платформ.

В рамках 6 очереди проекта “Дежурный по планете” в БГТУ “ВОЕНМЕХ” им. Д.Ф. Устинова разрабатывается малый космический аппарат “Горизонт” формата cubesat 3U. С целью решения задачи передачи данных на наземную станцию был разработан модуль связи с применением линейно-частотной модуляции на базе радиотрансиверов Semtech SX1280 на диапазон 2400 МГц и LLCC68 на 436 МГц, снабженных малощумящими усилителями и усилителями мощности. Мощность бортовых передатчиков в обоих диапазонах составляет 1Вт (30 дБм). Этот вид модуляции позволяет существенно повысить помехоустойчивость радиолинии при невысоких затратах на компоненты и разработку. УКВ канал на частоте 436 МГц является основной телеметрической и телекомандной радиолинией, он обеспечивает скорость обмена 9600 бод при чувствительности приемника -140 дБм [2]. Применение такого вида модуляции позволяет избежать разработки сложного бортового антенного комплекса и понизить требования к наземному сегменту. Сверхвысокочастотный канал в диапазоне частот 2400-2450 МГц служит для передачи результатов экспериментов, генерирующих большие объемы данных, таких как изображения. Скорость передачи данных по этой радиолинии составляет 32 кбит/с. Она выбрана с расчетом передачи 1 снимка с бортовой камеры космического аппарата за сеанс связи, однако, при более совершенном наземном сегменте она может быть повышена до 128 кбит/с.

Наземный сегмент состоит из эквивалентного приемопередающего комплекта оборудования и антенн, установленных на опорно-поворотном устройстве.[3] Для УКВ диапазонов до 1 ГГц целесообразно применение антенн типа “Волновой канал”, в свою очередь для S диапазона - зеркальных антенн с соответствующими облучателями. [4]

По результатам проведенных расчетов с применением CST Studio, были спроектированы печатные платы и блок антенн, а также изготовлены прототипы бортового модуля связи и наземной станции, которые в настоящее время проходят испытания. Запуск космического аппарата, оснащенного этим модулем связи запланирован на август 2023 года.

### Источники и литература

- 1) Особенности организации УКВ-связи с reshucube-1 в СЦУП СИБГУ им. М. Ф Решетнева / Е. Г. Лапухин, С. А. Чекмарев, А. В. Шахматов [и др.] // Решетневские чтения : материалы XXVI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 09–11 ноября 2022 года. Том Часть 1. – Красно-

ярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. – С. 440-442. – EDN ZIAPJV.

- 2) Документация на радиотрансивер LLCC68 (Электронный ресурс) [https://iotdesignpro.com/sites/default/files/component\\_datasheet/LLCC68-Datasheet.pdf](https://iotdesignpro.com/sites/default/files/component_datasheet/LLCC68-Datasheet.pdf) (доступ 10.02.2023)
- 3) Создание центра управления полетом малых космических аппаратов в БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова» / Д. М. Кадочников, В. В. Уткин, А. В. Кададова, В. О. Гончаров // Решетневские чтения : материалы XXVI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 09–11 ноября 2022 года. Том Часть 1. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2022. – С. 428-430. – EDN QINJBH.
- 4) Научно-образовательные станции приема и обработки информации с малых космических аппаратов / А. А. Спиридонов, В. А. Саечников, Д. В. Ушаков, В. Е. Черный // Цифровая трансформация образования : Электронный сборник тезисов докладов 1-й научно-практической конференции, Минск, 30 мая 2018 года. – Минск: Учреждение «Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь», 2018. – С. 191-194. – EDN XVKGDJ.