

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРИЕМА СИГНАЛА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАССЫ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРЫ**

Е.Д. Юшкевич, Д.А. Борейко, С.С. Гринько, А.С. Ильюшенко, И.А. Кураков, В.С. Баранова,  
А.А. Спиридонов, С.В. Лешкевич, Д.В. Ушаков, В.А. Саечников

Белорусский государственный университет

[cth.ar@mail.ru](mailto:cth.ar@mail.ru)

**Цель работы:** Разработка аппарата типа CanSat с бортовой системой приема и обработки сигнала оптической линии связи ИК-диапазона в условиях атмосферы.

**Введение.** Использование оптических межспутниковых линий связи в настоящее время является ведущей тенденцией в развитии космических систем[1]. Их применение позволяет радикально увеличить пропускную способность, помехоустойчивость и безопасность линии связи. Для исследования технологий приема и передачи оптического сигнала в нестабильных физических и оптических условиях предлагается построение линии связи между аппаратами типа CanSat. В рамках организации эксперимента передачи и приема информационного сообщения по оптическому каналу в условиях атмосферы разработана модель аппарата с детектором ИК-излучения.

**Организация трассы оптической связи.** Аппараты типа CanSat запускаются на высоту 1500 м в отсеке полезной нагрузки ракетносителя с удельным импульсом порядка 100 Н. Активная фаза эксперимента должна приходиться на время спуска аппарата на парашюте со скоростью не более 7 м/с. Построение линии связи осуществляется в вертикальном профиле атмосферы, где аппарат с передающим модулем находится ниже приемника на расстоянии не менее 50 м. Оптическая связь реализуется в инфракрасном диапазоне с длиной волны  $\lambda = 850$  нм. Дополнительно, между аппаратами приемного и передающего модуля разработана обратная связь по радио каналу для автономной локализации аппаратов относительно друг друга во время полета.

**Общее устройство аппарата.** Конструктивные и функциональные решения разработанной модели аппарата типа CanSat обусловлены требованиями предполагаемого эксперимента. Отдельные элементы и модель в собранном виде представлены на рисунке 1(а, б). Конструкция включает следующие основные бортовые системы: бортовой одноплатный компьютер, система навигации, представленная GPS-модулем и 9-ти осевым инерциальным датчиком, модуль радиосвязи на основе двух LoRa-модулей и система питания с батареей емкостью 1100 мАч. Элементная база бортовой электроники включает 4-х ядерный одноплатный компьютер Raspberry PI 4B, инерциальный датчик MPU-9250, GNSS-модуль BE-280, два радиомодуля SX1278, а также датчики параметров атмосферы bmp180 и DHT22. Радиомодули организуют работу двух каналов связи: аппарат - наземная станция на частоте 434 МГц, аппарат - аппарат на частоте 436 МГц.

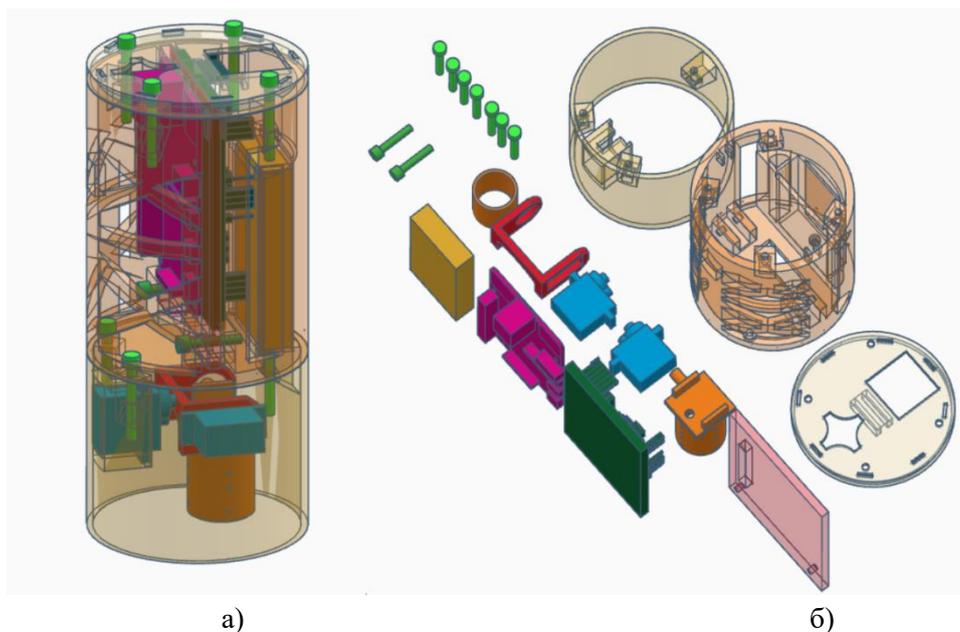


Рисунок 1 – Конструкция аппарата типа CanSat

а — конструкция в собранном виде, б — отдельные элементы конструкции

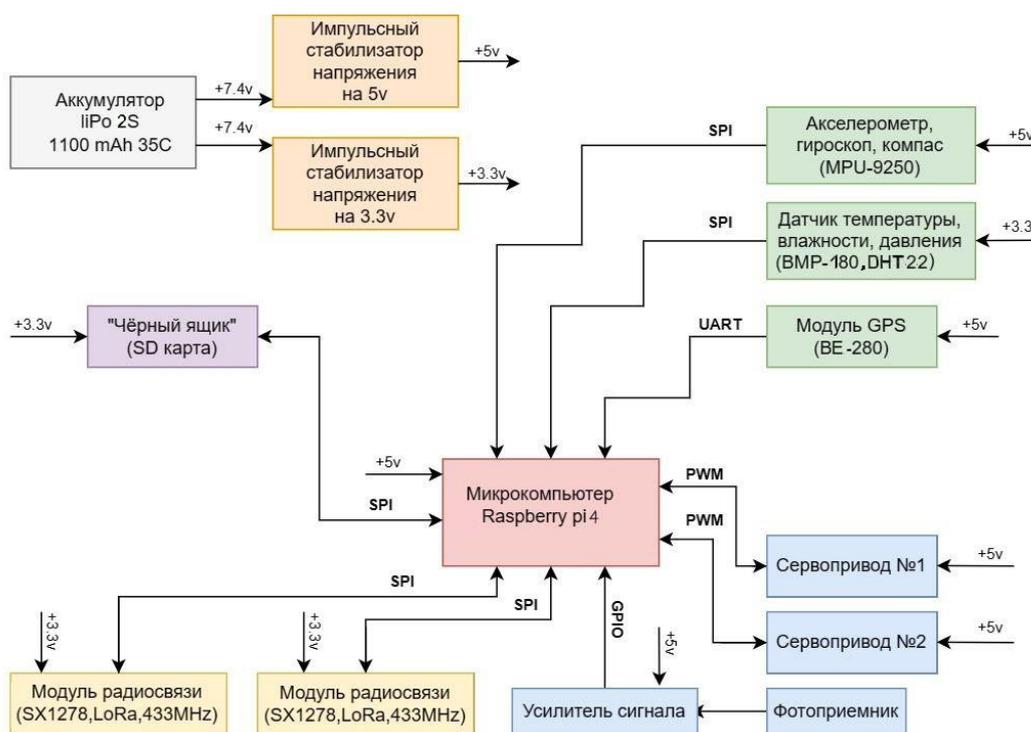
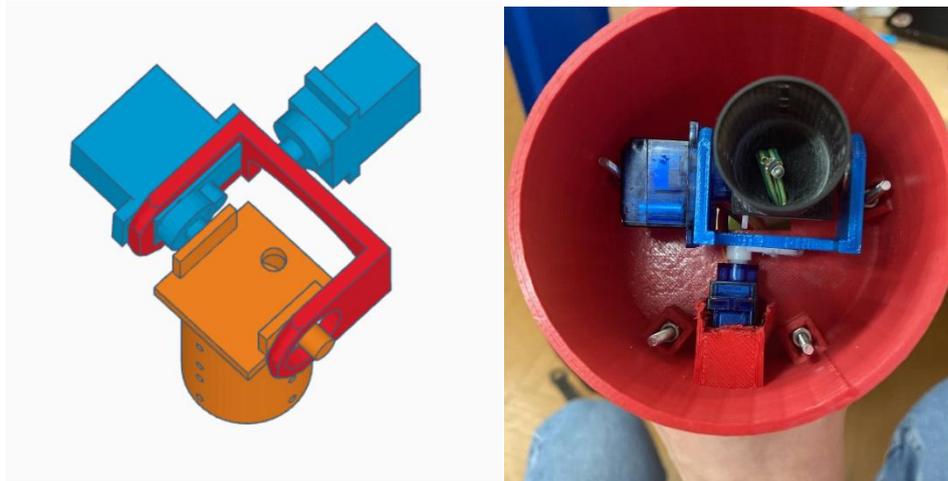


Рисунок 2 – Структурная схема бортовой электроники

**Система приема оптического сигнала.** Особенностью конструкции является съемный модуль приема оптического сигнала, модель которого изображена на рисунке 2(а, б). Для решения проблемы нестабильности аппарата в модуле приема оптического сигнала аппарата предусмотрена подвижная система, состоящая из двух сервоприводов SG90 и рамы, которая стабилизирует и удерживает приемник в положении параллельно горизонту.



а)

б)

Рисунок 3 – Система приема оптического сигнала

а — модуль приема оптического сигнала, б — модуль приема оптического сигнала в корпусе аппарата

Система приема лазерного излучения состоит из фототранзистора BPW96C, компаратора LM311, подстроечного резистора для регулировки чувствительности, дополнительной обвязки и линзы. Фототранзистор включен по схеме усилителя с общим эмиттером. Для получения цифрового сигнала применен компаратор LM311. Чувствительность приемника настраивается при помощи подстроечного резистора. На выходе компаратора получаем четкие уровни логического нуля и логической единицы. Данная система закрепляется на специальной подложке прикрепленной к системе стабилизации.

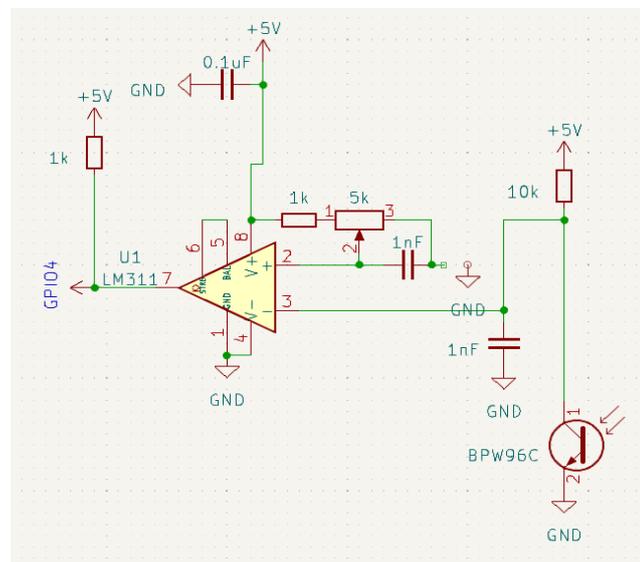


Рисунок 4 – Принципиальная схема приемника оптического сигнала

### Список литературы:

1. Optical Wireless Communications: An Emerging Technology (1st. ed.) / M. Uysal, C. Capsoni, Z. Ghassemlooy [et al.] // Springer Publishing Company, Incorporated, 2016.