

УДК 535.317.25

URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/airdev/1037.html>

КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НАНОСПУТНИКОВ ФОРМАТА CUBESAT

И.С. Маскунов

ivanmaskunov7@gmail.com

SPIN-код: 5048-6502

ЦМИТ «Перспектива», Курганинск, Краснодарский край, Российская Федерация

Рассмотрена оптическая система для получения оптических изображений камерой космического аппарата. Цель работы — сконструировать оптическую систему для наноспутников формата CubeSat. Работа основана на теоретических и эмпирических методах исследований. В рамках теоретических методов моделирование позволило спроектировать компоненты макета телескопа и рассчитать увеличение телескопа рефрактора. В рамках эмпирических методов были проведены эксперименты, которые позволили контролировать ход работы на каждом этапе проекта, а материальное моделирование дало возможность создавать тестовые образцы будущего устройства для проведения испытаний. Проект развивается в рамках направления «Национальная технологическая инициатива: Аэронет». Работа выполнена в рамках приоритетного направления развития науки, технологий и техники в РФ — «Транспортные и космические системы». Актуальность работы обусловлена необходимостью развития космических аппаратов с оптическими приборами на борту для увеличения качества дистанционного зондирования Земли. Новизна проекта состоит в том, что данная оптическая система имеет компактный размер и может быть интегрирована в малые космические аппараты.

Ключевые слова: спутник, космический аппарат, оптическая система, дистанционное зондирование Земли, моделирование, телескоп

Введение. По данным Индекса космических объектов Организации Объединенных Наций, по состоянию на сентябрь 2021 г. в общей сложности на низкой околоземной орбите находится около 7500 активных спутников, в то время как Россия имеет около 70 действующих аппаратов дистанционного зондирования земли [1]. Проблема состоит в том, что космических аппаратов дистанционного зондирования Земли недостаточно для того, чтобы наблюдать каждый участок России в режиме реального времени.

Оптическая система — это совокупность оптических элементов (преломляющих, отражающих, дифракционных) для определения световых пучков, радиоволн, заряженных частиц. Оптическая система состоит из линз, светофильтров, зеркал, призм [2].

Принцип работы оптической системы состоит в том, чтобы преобразовывать поля излучения до оптической системы в поле после оптической системы [3–5]. Такое разделение пространств весьма условно, поскольку эти различные

с точки зрения изменения структуры поля могут в некоторых случаях совпадать в трехмерном физическом пространстве. Главное требование — поместить камеру на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива, чтобы обеспечить хорошее качество получаемого изображения.

Диаметр захватываемой области оптической системы можно найти по формуле

$$D = \frac{hd}{l},$$

где h — расстояние от Земли до спутника; d — диаметр объектива; l — расстояние от матрицы до объектива.

Разрешающую способность находят по формуле

$$R = \frac{D}{N},$$

где D — диаметр захватываемой области; N — количество пикселей.

Полезной нагрузкой оптической системы служат две камеры, одна из которых подключена к радиопередатчику и передает видеоизображение на Землю, другая камера фиксирует снимки в течение всего полета и записывает их на SD-карту.

Подключение оптической системы осуществляется следующим образом: к микроконтроллеру через транзисторы M1, M2 подключаются две камеры L1, L2 (рис. 1). Одна из камер передает изображение в режиме реального времени с помощью видеопередатчика (L2), а другая делает снимки и сохраняет их на SD-карту (L1).

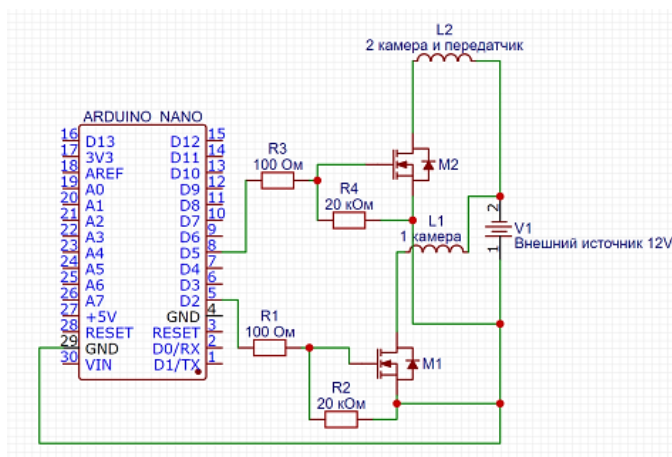


Рис. 1. Схема подключения камер к микроконтроллеру

Испытание оптической системы в стратосферном запуске было организовано ЦМИТ «Перспектива» и проведено успешно (рис. 2). Аппарат поднялся на высоту 23 765 м. В таких экстремальных условиях система отработала штатно. Запуск длился около 13 ч. Минимальная температура за время всего полета составляла -30°C .



Рис. 2. Стратосферные испытания

Для получения высоты были использованы два датчика. Данные о высоте аппарата с датчика MS5611 представлены на рис. 3. Барометр измеряет атмосферное давление и используется для определения высоты над уровнем моря.

Резкое повышение температуры датчика, который находится на плате солнечной панели, происходит при повороте на солнечную сторону (рис. 4). Поскольку бортовые системы, по сути, сами себя подогревали, температура внутри аппарата не понижалась до нуля.

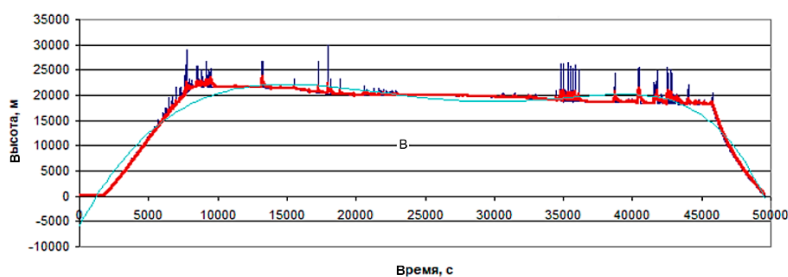


Рис. 3. График зависимости высоты от времени:

красная линия — данные без шумов; синяя — данные с шумами; голубая — линия тренда

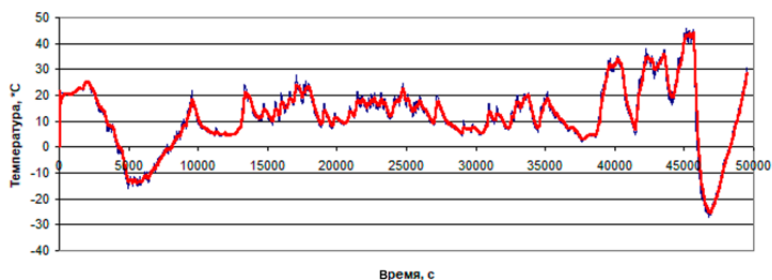


Рис. 4. Зависимость температуры от времени (резкое повышение температуры на графике происходит, когда аппарат поворачивается датчиком температуры на солнечную сторону)

В ходе работы была спроектирована 3D-модель оптической системы, изучены аналоги космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, изучена литература, посвященная видам оптических систем, типам космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Выполнены расчеты разрешающих способностей снимков, проведены расчеты характеристик системы. Оптическая система с дополнительными платами размещена в корпусе Cubesat 1U. Написана программа на языке C++ для сохранения снимков. Подключен радиопередатчик для транслирования видеозаписи на землю, проведены стратосферные испытания. Опубликовано научная статья с полученными результатами и подписан акт о внедрении.

Литература

- [1] Сколько спутников находится на орбите Земли? *The Universe. Space. Tech.* URL: <https://inlnk.ru/VoVzA0> (дата обращения 30.04.2022).
- [2] Куликовский П.Г. *Справочник астронома-любителя*. Москва, Наука, 1971. URL: <https://djvu.online/file/oXWlQxoJLvYU7> (дата обращения 30.04.2022).
- [3] Воронцов-Вельяминов Б.А. *Очерки о Вселенной*. Москва, Наука, 1976, 710 с. URL: <https://djvu.online/file/0L8UUG0YI5Kzo> (дата обращения 30.04.2022).
- [4] Фортескью П., Суайнерд Г., Старк Д., ред. *Разработка систем космических аппаратов*. Москва, Альпина Паблишер, 2015. URL: https://balka-book.com/files/2017/02_24/14_12/u_files_store_3_242309 (дата обращения 30.04.2022).
- [5] *Испытания на виброустойчивость и вибропрочность*. URL: https://bstudy.net/913075/tehnika/ispytaniya_vibroustoychivost_vibroprochnost (дата обращения 29.04.2022).

Поступила в редакцию 25.05.2024

Маскунов Иван Сергеевич — воспитанник ЦМИТ «Перспектива», Курганинск, Краснодарский край, Российская Федерация.

Научный руководитель — Попко Кирилл Сергеевич, инженер-радиофизик, магистр радиофизики, директор ЦМИТ «Перспектива», Курганинск, Краснодарский край, Российская Федерация. E-mail: fiztech23@mail.ru

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Маскунов И.С. Конструирование оптической системы для наноспутников формата CubeSat. *Политехнический молодежный журнал*, 2025, № 02 (97). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/airdev/1037.html>

DESIGN OF AN OPTICAL SYSTEM FOR THE CUBESAT NANOSATELLITES

I.S. Maskunov

ivanmaskunov7@gmail.com

SPIN-code: 5048-6502

Perspektiva CYIC, Kurganinsk, Krasnodar Territory, Russian Federation

The paper considers an optical system for obtaining optical images by the spacecraft camera. The work objective is to design an optical system for the CubeSat nanosatellites. It is based on the theoretical and empirical research methods. Within the framework of the theoretical methods, simulation made it possible to design the telescope model components and compute magnification of the refractor telescope. Within the framework of the empirical methods, experiments were conducted making it possible to monitor the progress of work at each stage of the project, and the material simulation allowed creating test samples for the future device testing. The project was being developed within the framework of the Aeronet National Technology Initiative. The work was performed within the framework of the priority area in the development of science, technology and engineering in the Russian Federation, i.e. Transport and Space Systems. Relevance of the work is caused by the need to develop spacecraft with the on-board optical instruments to improve quality in the Earth remote sensing. Novelty of the project lies in the fact that this optical system is compact and could be integrated into a small spacecraft.

Keywords: satellite, spacecraft, optical system, Earth remote sensing, simulation, telescope

Received 25.05.2024

Maskunov I.S. — Student, Perspektiva CYIC, Kurganinsk, Krasnodar Territory, Russian Federation.

Scientific advisor — Popko K.S., Radiophysics Engineer, Master of Radiophysics, Director, Perspektiva CYIC, Kurganinsk, Krasnodar Territory, Russian Federation. E-mail: fiztech23@mail.ru

Please cite this article in English as:

Maskunov I.S. Design of an optical system for the CubeSat nanosatellites. *Politekhnikheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2025, no. 02 (97). (In Russ.). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/airdev/1037.html>