

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «ГЕОСКАН-ЭДЕЛЬВЕЙС»**

Д.С. Боровицкий, Д.Я. Капштан, К.И. Стариков, А.В. Хохлов

ООО «Геоскан»

<sup>1</sup>[d.borovitsky@geoscan.aero](mailto:d.borovitsky@geoscan.aero)

<sup>2</sup>[d.kapshtan@geoscan.aero](mailto:d.kapshtan@geoscan.aero)

<sup>3</sup>[k.starikov@geoscan.aero](mailto:k.starikov@geoscan.aero)

<sup>4</sup>[a.khohlov@geoscan.aero](mailto:a.khohlov@geoscan.aero)

### **Введение**

Малый космический аппарат (МКА) «Геоскан-Эдельвейс», запущенный 9 августа 2022 года с космодрома «Байконур» в рамках образовательного проекта Space-π Фонда содействия инновациям, стал первым искусственным спутником Земли, разработанным в компании «Геоскан», и первым частным космическим аппаратом Санкт-Петербурга [1]. Данный МКА имеет форм-фактор 3U стандарта CubeSat [2].

Все механические детали и электронные модули были разработаны специалистами компании, а МКА был собран с использованием производственных мощностей организации. Проект также примечателен составом кооперации, и помимо служебных систем на МКА установлены полезные нагрузки: ГНСС-приемник производства АО НПЦ «Элвис» и газовая двигательная установка (ГДУ) производства АО ОКБ «Факел» и технологическая камера (УСАМ III). Также в качестве символической полезной нагрузки на МКА установлена кремниевая пластина, на которую методом ионно-лучевой литографии нанесены более 22 тысяч имен со всего мира, в том числе из Российского движения школьников.

Для управления МКА и приема данных от ПН на территории компании развернута наземная станция управления (НСУ) с проприетарным программным обеспечением (ПО).

В настоящее время «Геоскан-Эдельвейс» успешно прошел все запланированные летные испытания служебных систем, а также ряд испытаний бортовых ПН.

Одним из важнейших результатов настоящей миссии является интеграция МКА в радиолобительскую сеть SatNOGS и работа с радиолобителями, что сделало «Геоскан-Эдельвейс» самым популярным радиолобительским МКА в мире в первые месяцы после запуска [3].

### **Состав МКА и основные технические характеристики**

На МКА «Геоскан-Эдельвейс» установлены следующие бортовые электронные модули:

- модуль питания и управления;
- модуль приемопередатчика УВЧ-диапазона;
- модуль приемопередатчик S и X-диапазонов;
- антенный модуль УВЧ-диапазона;
- антенный модуль S и X-диапазонов;
- модуль маховика с платой управления;
- модуль ГНСС-приемника с антенной;
- ГДУ с платой управления;
- модуль технологической камеры.

Компоновка МКА приведена на рисунке 1.

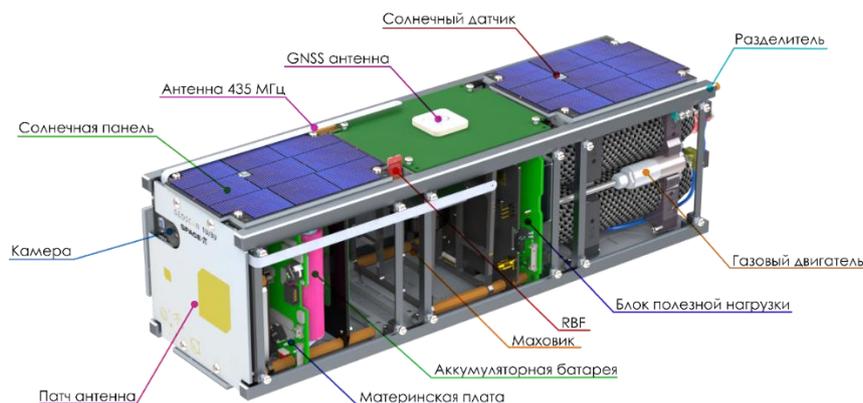


Рисунок 1 – Компоновка МКА

Среди принципиальных технических решений следует выделить:

- кремниевые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) с повышенной эффективностью до 21%. В рамках разработки МКА была отработана собственная технология сборки солнечных панелей с использованием кремниевых ФЭП.
- радиационная защита листами алюминия толщиной 1,2 мм;
- три радиолинии в UHF (GFSK, 9600 бит/с), S и X частотных диапазонах (GFSK, 250 кбит/с);
- технологическая камера с разрешением 640x480 (UCAM III);
- партнерская полезная нагрузка: ГДУ и навигационный приемник ГНСС.
- магнитная система ориентации (магнитные катушки, двигатель маховик – исполнительные элементы; магнитометры, солнечные датчики, гироскоп – источники информации).

Для управления МКА была собрана наземная станция управления и развернут пункт управления полетами на территории предприятия. Внешний вид НСУ приведен на рисунке 2.

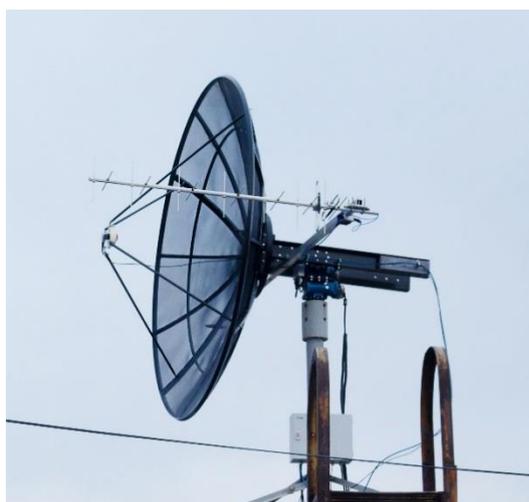


Рисунок 2 – НСУ

### **Основные результаты летных испытаний**

В течение первых суток после вывода на низкую околоземную орбиту во время пролета над НСУ с МКА был принят сигнал радиомаяка, а сам аппарат был взят на управление. В первые дни нахождения МКА на орбите были проведены летные испытания системы связи УВЧ-диапазона, системы стабилизации с использованием алгоритма Vdot, систем питания и управления, а

также получена телеметрия от всех подсистем. Спустя 8 дней с момента запуска во время сеанса связи из центра управления по команде с НСУ был сделан первый снимок земной поверхности и по УВЧ-связи передан на землю. В кадр попал Кандалакшский залив, омывающий Мурманскую область и Карелию. В первые месяцы были также испытаны передатчик X-диапазона, двигатель-маховик и ГНСС-приемник. Весной 2023 г. проведены успешные испытания функциональных узлов ГДУ (баллонов, клапанов, ресивера), и на осень запланированы мероприятия по переводу МКА на более высокую орбиту.

### **Интеграция в сеть SatNOGS и работа с радиолюбителями**

Одной из наиболее интересных задач в рамках миссии МКА «Геоскан-Эдельвейс» является взаимодействие с радиолюбителями по всему миру. Помимо обязательного получения радиопозывного на МКА, было получено согласование у Международного радиолюбительского союза (IARU) на использование радиолюбительских частот с УВЧ и X-диапазонах.

На территории предприятия развернута отдельная наземная станция, которая интегрирована в проект SatNOGS, объединяющий в сеть наземные радиолюбительские станции по всему миру. Благодаря координации с IARU имеется возможность принимать сигналы от различных радиолюбительских МКА (в т.ч. кубсатов), а также использовать сеть наземных станций проекта SatNOGS для приема телеметрии и данных (в т.ч. фотографий) с МКА «Геоскан-Эдельвейс».

На сайте данного проекта у «Геоскан-Эдельвейс» есть собственная страничка, где отображаются данные телеметрии подсистем МКА, фотографии с МКА, а также ряд статистических данных [4].

### **Заключение**

МКА «Геоскан-Эдельвейс» успешно прошел запланированные летные испытания и продолжает свое функционирование на низкой околоземной орбите.

Помимо функциональных испытаний и технических экспериментов командой Геоскан проводится работа с радиолюбителями с использованием возможностей проекта SatNOGS.

Несмотря на успехи миссии первого МКА командой проекта проводится модернизация космической платформы с учетом испытаний на орбите и получаемых с МКА «Геоскан-Эдельвейс» телеметрических данных.

### **Список литературы:**

1. Геоскан-Эдельвейс. Проект Space-π: официальный сайт. – URL: <https://spacepi.space/wiki/article/geoskan-edelvejs> (дата обращения: 24.05.2023).
2. A. Johnstone. CubeSat Design Specification (1U – 12U). REV 14.1 CP-CDS-R14.1, July 2020. URL: [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/cubesatdesignspecification-rev14\\_12022-02-09.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/cubesatdesignspecification-rev14_12022-02-09.pdf) (дата обращения: 24.05.2023).
3. Geoscan-Edelveis (53385). Проект SatNOGS: официальный сайт. – URL: <https://db.satnogs.org/satellite/QNCD-8954-6090-5430-2718> (дата обращения: 24.05.2023).
4. Geoscan-Edelveis – Grafana. Проект SatNOGS: официальный сайт. – URL: <https://dashboard.satnogs.org/d/9DnJFFO4z/geoscan-edelveis?orgId=1&from=now-30d&to=now> (дата обращения: 24.05.2023).