

## **НАУЧНЫЕ СПУТНИКИ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ SAMSAT**

И.В. Белоконов<sup>1,2</sup>, Е.А. Болтов<sup>1</sup>, Н.А. Елисов<sup>1,2</sup>, И.А. Ломака<sup>1,2</sup>,  
П.Н. Николаев<sup>1,2</sup>, С.В. Шафран<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

<sup>2</sup>Институт космических исследований РАН

[lomaka.ia@ssau.ru](mailto:lomaka.ia@ssau.ru)

Активное развитие и миниатюризация электронных компонентов создало предпосылки к созданию малоразмерных космическим аппаратам в передовых университетах мира. Наиболее распространенным форматом малых космических аппаратов является формат CubeSat, имеющий габариты 10x10x10 см (1U). Основным преимуществом данного формата является открытость и стандартизованная архитектура, которая позволяет быстро и при сравнительно небольших финансовых затратах создавать бортовые системы космического назначения, используя коммерческие комплектующие [1]. Начиная с 2005 года, на орбиту Земли было запущено свыше 500 малых космических аппаратов класса CubeSat, которые в настоящее время решают такие сложные научные и технические задачи, как дистанционное зондирование Земли [2], мониторинг околоземного пространства [3], инспекция космического мусора [4] и др.

С 2014 года наноспутники в Самарском университете стали разрабатываться на межвузовской кафедре космических исследований в рамках инновационных образовательных программ магистратуры. Первым спутником формата CubeSat3U был наноспутник SamSat-218Д (рисунок 1).

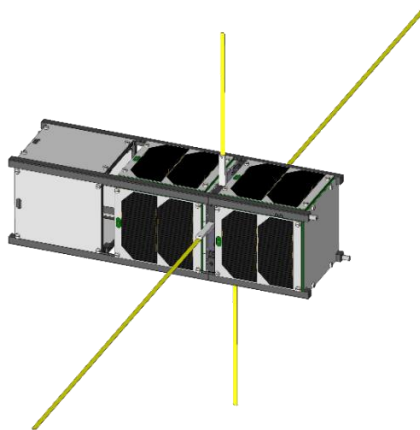


Рисунок 1 – Внешний вид наноспутника SamSat-218Д

Его назначением было решение ряда технологических и образовательных задач, таких как отработка технологии пассивной аэродинамической стабилизации, алгоритмов стабилизации углового движения, образовательной концепции "обучение через исследования". Наноспутник SamSat-218Д стал участником первой пусковой кампании с космодрома Восточный и был выведен 28 апреля 2016 года на орбиту с высотой 486 км и наклоном 97,1 град с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1а» одновременно с малыми спутниками АИСТ-2Д и Ломоносов. Наноспутник сошел с орбиты 4 марта 2022 года. Наноспутник SamSat-218Д был частью комплекса научной аппаратуры «Контакт», с помощью которой впервые предполагалась отработка межспутниковой связи между близколетащими КА с помощью спутниковой системы Глобалстар, так как

вторая часть комплекса научной аппаратуры размещалась на борту малого космического аппарата «Аист-2Д».

В 2016 году была начата разработка второго наноспутника SamSat-QB50 в рамках участия Самарского университета в международном мегапроекте QB50 по созданию и развертыванию группировки из 50 наноспутников для изучения термосферы Земли с целью построения ее трехмерной нестационарной модели. Руководителем данного мегапроекта являлся Институт гидродинамики фон Кармана (Бельгия). Основной научной аппаратурой SamSat-QB50 являлся датчик концентрации атомарного кислорода. Для обеспечения ориентации полезной нагрузки по вектору набегающего потока было предложено использовать аэродинамический стабилизатор. В связи с этим, SamSat-QB50 стал первым российским наноспутником с трансформируемой конструкцией. Начальная конфигурация наноспутника при размещении в транспортно-пусковом контейнере соответствовала формату CubeSat 2U, а после выхода из транспортно-пускового контейнера на орбиту и раскрытия аэродинамического стабилизатора, он соответствовал стандарту CubeSat 3U (рисунок 2).

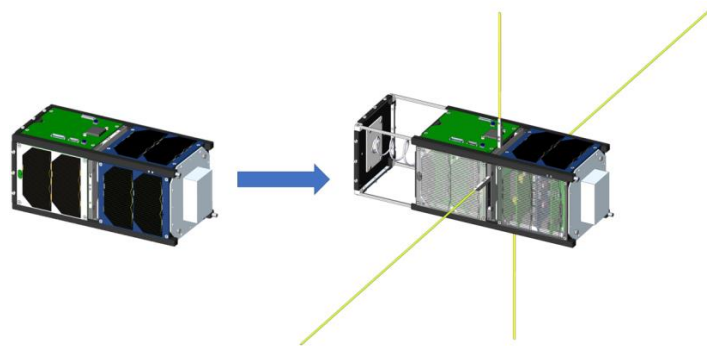


Рисунок 2 – Внешний вид наноспутника SamSat-QB50 до и после вывода на орбиту

В 2020 году началась разработка научно-образовательного наноспутника SamSat-ION, целью которого являлось исследование ионосферы и магнитосферы Земли (рисунок 3).

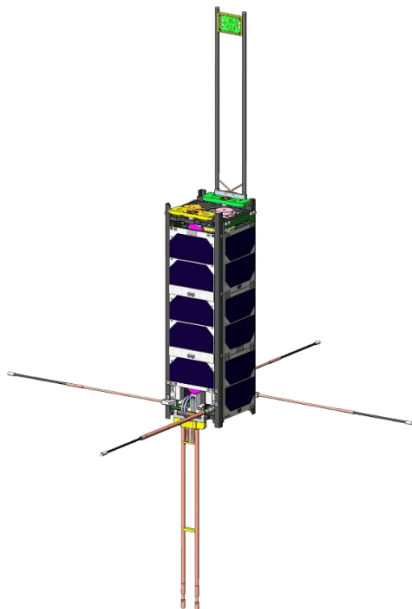


Рисунок 3 – Внешний вид наноспутника SamSat-ION

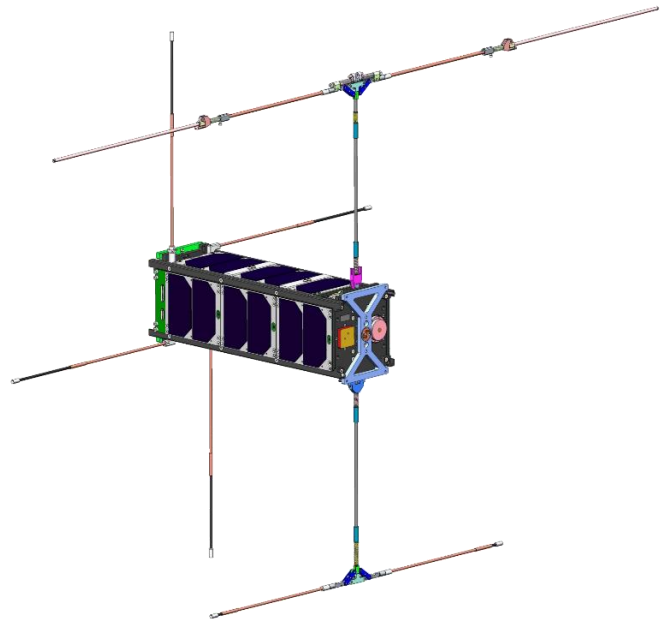


Рисунок 4 – Внешний вид наноспутника СамСат-Орион

Научная аппаратура SamSat-ION включала в себя датчик параметров плазмы, созданный совместно с Институтом прикладной физики РАН, высокочувствительный выносной магнитометр, а также приемник навигационных сигналов научного назначения системы ГЛОНАСС для изучения верхней ионосферы. Наноспутник SamSat-ION построен на базе новой платформы, получившей название SamSat v2.0, которая является одностековой платформой, занимающей объем 1,5U. Реализованное техническое решение позволяет сократить время разработки научно-образовательных наноспутников семейства SamSat с различной целевой аппаратурой. Платформа оснащена новой системой раскрытия трансформируемых конструкций, использующей легкоплавкие сплавы [5, 6], на который получен патент [7]. Разработанная система раскрытия потребляет меньше энергии и обладает большей надежностью по сравнению с проволочными системами, использующими нихромовые нити, а также позволяет многократно использовать процесс фиксации и расфиксации трансформируемых конструкций при наземной отработке. Запуск SamSat-ION осуществлен 28 июня 2023 года с космодрома Восточный в рамках программы "УНИВЕРСАТ" ГК "Роскосмос". По предложению Роскосмоса в настоящее время создается второй наноспутник СамСат-Ионосфера, полная копия SamSat-ION с модифицированной системой электропитания и улучшенным программным обеспечением, запуск которого запланирован на конец 2023 года.

На основе вышеупомянутых технологических особенностей наноспутниковой платформы SamSat в 2022 году была начата работа по созданию наноспутника СамСат-Орион для исследования нижней ионосферы методом радиопросвечивания (рисунок 4).

Научная аппаратура СамСат-Орион включает в себя двухчастотный передатчик когерентных сигналов на частотах 150 МГц и 400 МГц (прибор МАЯК) разработки Института космических исследований РАН, предназначенный для радиопросвечивания нижней ионосферы [3], и приемник навигационных сигналов системы ГЛОНАСС разработки Самарского университета, целью которого является изучение верхней ионосферы. Кроме этого, на спутнике СамСат-Орион планируется проведение технологического эксперимента, заключающегося в построении местной вертикали по обработке видеоизображений с двух камер типа UCam, размещенных на борту наноспутника, на который получен патент [8]. Запуск СамСат-Орион запланирован в первом квартале 2024 года.

Также на основе платформы SamSat v2.0 ведется разработка наноспутника СамСат-М с двигательной установкой (рисунок 5).

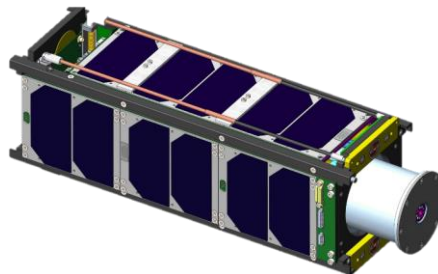


Рисунок 5 – Внешний вид наноспутника СамСат-М

Основное его назначение заключается в отработке технологий маневрирования в космосе, включающих в себя реализацию группового полета, поддержания высоты орбиты и контролируемого сведения с орбиты после завершения выполнения целевой миссии. В качестве основной полезной нагрузки наноспутника СамСат-М выступает электротермическая двигательная установка, рабочим телом которой является спирто-водная смесь [9]. Для обеспечения ориентации

вектора тяги в процессе выдачи корректирующего импульса планируется установить на наноспутник одноосную маховичную систему стабилизации, то есть придать наноспутнику свойство гиростата.

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. Towards the thousandth CubeSat: a statistical overview / T. Villela, C.A. Costa, A.M. Brandao [et al.] // International Journal of Aerospace Engineering. 2019. V. 2019. PP. 1-13.
2. CubeSat constellations for disaster management in remote areas / G. Santilli, C. Vendittozzi, C. Cappelletto [et al.] // Acta Astronautica. 2018, V. 145, PP. 11-17.
3. Studies of the ionosphere using radiophysical methods on ultra-small spacecrafts / A.A. Chernyshov, D.V. Chugunin, M.M. Mogilevsky [et al.] // Acta Astronautica. 2020, V. 167, PP. 455-459.
4. Mission design and GNC for In-Orbit Demonstration of Active Debris Removal technologies with CubeSats / C. Pirat, R. Richard-Noca, C. Paccolat [et al.] // Acta Astronautica. 2017, V. 130, PP. 114-127.
5. Nanosatellite dipole antenna deployment mechanism / I. Lomaka, A. Kramlikh, S. Shafran [et al.] // AIP Conference Proceedings of XLIV Academic Space Conference (28-31 January 2020, Moscow). AIP Publishing, 2021, V. 2318, P. 180009.
6. A novel design of CubeSat deployment system for transformable structures / I.A. Lomaka, N.A. Elisov, E.A. Boltov [et al.] // Acta Astronautica. 2022. V. 197. PP. 179-190.
7. Патент № 2784244 С1 Российская Федерация. Замковое устройство для фиксации трансформируемых элементов наноспутника формата cubesat.
8. Патент № 2638402 С1 Российская Федерация. Способ определения отклонения продольной оси наноспутника класса cubesat от местной вертикали и устройство для его осуществления (варианты).
9. Электротермическая двигательная установка наноспутника / И.В. Белоконов, А.В. Ивлиев, В.Н. Ключник [и др.] // Космическая техника и технологии. 2022, Т. 39, С. 45-57.