

**УНИВЕРСИТЕТСКИЕ
РАЗРАБОТКИ МАЛЫХ
КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ И
КОСМИЧЕСКИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТЫ,
РЕАЛИЗУЕМЫЕ
НА ИХ ОСНОВЕ**

С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, г. Курск, С. САМБУРОВ, г. Королёв Московской обл.,
О. АРТЕМЬЕВ, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл., Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук,
С. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, Д. ДОБРОСЕРДОВ, Д. ЗАРУБИН,
А. ЩИТОВ, Д. КОПТЕВ, г. Курск

(см. статью на с. 13)



Рис. 2



Рис. 3

Студенческие спутники ЮЗГУ-55 

Космический эксперимент «Радиоскаф»

10 спутников
~4 кг
масса одного аппарата


1,5 года
пробудут спутники в открытом космосе

Аппараты были запущены на орбиту 21/07 с МКС космонавтом О.Артемьевым

Функции:

- изучение магнитного поля Земли
- передача фотографий
- передача голосовых сообщений

Позывной	День	Месяц	Год	Время	Частота, МГц	Модуляция	Качество
R4H-21	17	08	2022	22:47	437.0125	ЧМ	598

Student satellites SWSU-55 

Space experiment «Radioskaf»

10 satellites
~4 kg
weight of one device

1,5 year
satellites will stay in outer space

The devices were launched into orbit on 21/07 with the ISS cosmonaut O. Artemiev

Functions:

- the study magnetic fields of the Earth
- broadcast photos
- broadcast voice messages

Call Sign	Day	Month	Year	UTC	Frequency, MHz	Mode	RST
R4H-21	17	08	2022	22:47	437.0125	FM	598

Рис. 4

Юго-Западный государственный университет

Диплом

Amateur Satellites SWSU-55 Radioskaf



Настоящим дипломом утверждается, что 17.08.2022

Денис Рагазин (R4H-21)

успешно принял(а) 10 разных SSTV изображений и голосовых сообщений, а также расследовал(а) 10 APRS сообщений телеметрии от малых космических аппаратов, созданных на платформе «ЮЗГУ-55», в рамках эксперимента «Радиоскаф», направленного на популяризацию космических исследований.

Директор НИИ космического приборостроения и радиоэлектронных систем Шиланков Е.А.



Рис. 5

УНИВЕРСИТЕТСКИЕ РАЗРАБОТКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ НА ИХ ОСНОВЕ

(см. статью на с. 13)



INTERNATIONAL SPACE STATION

RS0ISS RUSSIAN SEGMENT 2015-22

The International Space Station (ISS) is a unique space station (orbital artificial satellite) in low Earth orbit. It is a multinational collaborative project involving five participating space agencies: NASA (United States), Roscosmos (Russia), ESA (Europe), JAXA (Japan) and CSA (Canada). The primary use of the space station is to conduct microgravity research on Earth and in space.

To Radio: **RV3DR СЕРГЕЙ САМБУРОВ**

DATE	TIME	DAYS	REPORT	MODE
18.03.2022	23:14:5	A45	S9	

Chief Operator: **Sergiy Sumburov, RV3DR**

Head of the Russian Segment and founder of amateur radio on the ISS: **Valery Sushkov, R45R**

ISS Verified by: **Sergiy Sumburov, RV3DR**



ISS Expedition	Flight Dates	Crew Members
ISS 1	28 Nov. 1998 - 28 Feb. 1999	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 2	28 Feb. 1999 - 28 May 1999	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 3	28 May 1999 - 28 Aug. 1999	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 4	28 Aug. 1999 - 28 Nov. 1999	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 5	28 Nov. 1999 - 28 Feb. 2000	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 6	28 Feb. 2000 - 28 May 2000	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 7	28 May 2000 - 28 Aug. 2000	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 8	28 Aug. 2000 - 28 Nov. 2000	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 9	28 Nov. 2000 - 18 Mar. 2001	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 10	18 Mar. 2001 - 15 Jun. 2001	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 11	15 Jun. 2001 - 2 Dec. 2001	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith
ISS 12	2 Dec. 2001 - 3 May 2002	Yuri Gidzenko, Suniti Williams, Michael Smith

THE SIXTY-SEVENTH LONG-TERM EXPEDITION OF THE ISS

- + ROBERT HINES
- + SAMANTHA CRISTOPFORETTI
- + DENIS MATVEEV
- + OLEG ARTEMIEV
- + SERGEY KORSAKOV
- + JESSICA WATKINS
- + KJELL LINDGREN



ВСЕРОССИЙСКИЙ ПРОЕКТ НАЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ТУРИЗМА

РОССИЯ КОСМИЧЕСКАЯ

Космонавтика. Астрономия. Поехали!

ISS 115

15 лет космонавтики С.И. КОРОЛЁВА

Рис. 6

Самбуров С.И.

СПАСИБО ВАМ ЗА ПОСЛАНИЕ К СЕРГЕЮ САМБУРОВУ - ЛЕГЕНДЕ КОСМОНАВТИКИ

ДИПЛОМ

Награждается:

Дипломный руководитель: **С.И. КОРОЛЁВА**

Рис. 8

К 65-летию запуска первого искусственного спутника Земли

Университетские разработки малых космических аппаратов и космические эксперименты, реализуемые на их основе

С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, г. Курск, С. САМБУРОВ, г. Королёв Московской обл., О. АРТЕМЬЕВ, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл., Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук, С. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, Д. ДОБРОСЕРДОВ, Д. ЗАРУБИН, А. ЩИТОВ, Д. КОПТЕВ, г. Курск

Современные малые космические аппараты (МКА) формата CubeSat 3U знаменуют новое перспективное направление развития средств космической техники [1]. Они являются авто-

номными исследовательскими роботизированными лабораториями, функционирование которых основано на различных физических, механических, энергетических, электронно-вычисли-

тельных, приёмопередающих принципах работы элементов и подсистем [2, 3]. Особенность эксплуатации МКА в околоземном пространстве и ограниченность дистанционного управления

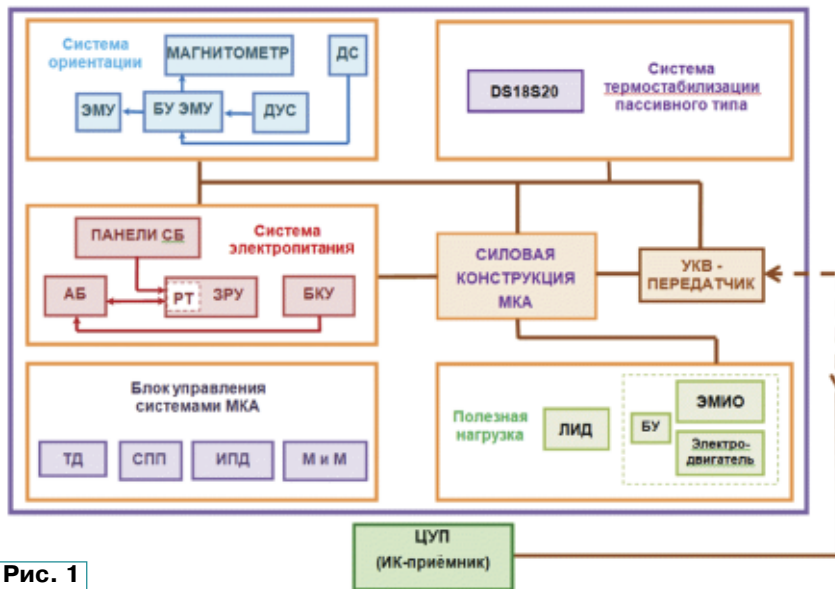


Рис. 1

(воздействие ионизирующего излучения, задержка сигнала, помехи радиопередающего оборудования Земли и др.), а также существенные затраты на запуск МКА в космос обуславливают необходимость постоянного совершенствования конструкции платформы, материалов, электронной компонентной базы и технологии изготовления модулей и подсистем МКА.

тельские научно-технические проекты. При их изготовлении используются доступные компоненты, как правило, даже не проходящие сертификацию для применения в условиях космоса, с негерметичным исполнением корпуса спутника. Основная экономия имеет три составные части: недорогие комплектующие, дешёвые студенческие рабочие руки и зачастую поддерживаемый госу-

непосредственное участие в практической работе, содержащей все основные этапы реальных проектов. Второе направление, так называемое "промышленное", инициируется космическими фирмами и агентствами с целью создания серьёзных проектов, имеющих прикладное целевое назначение [4].

Различные университетские разработки МКА ("Аист", "Бауманец", "Часки", "Танюша", "Ярило" и др.) направлены на приобщение школьников и студентов к космическим исследованиям и популяризации космических исследований [4, 5]. В них, как правило, полезная нагрузка представляется единственным функциональным блоком — любительским приёмопередатчиком для передачи или приёма информационных сообщений с наземных радиостанций. Проведение телеметрических измерений МКА, измерений характеристик вакуума, а также передача полученных данных по командам с Земли представляет ещё одно направление разработки модулей полезной нагрузки с привлечением к работам школьников и студентов. Подобные проекты служат источником совершенствования конструкции МКА в части геометрической, энергетической оптимизации бортовых систем, что позволяет в дальнейшем создавать МКА с расширенными структурно-функциональными возможностями [5].

Проектно-конструкторской деятельностью в части создания МКА формата CubeSat 3U с начала XXI века занимается Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Томский национальный исследовательский государственный университет, Юго-Западный государственный университет, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Дальневосточный федеральный университет, ООО "Спутник" (г. Москва), Самарский национальный исследовательский университет им. академика С. П. Королёва, ООО "Синергия" (г. Санкт-Петербург) и др. [2]. В результате многочисленных проектов сложилась типовая структура аппаратов формата CubeSat 3U, содержащая подсистемы энергообеспечения, стабилизации и ориентации, управления, связи и модули полезной нагрузки (рис. 1).

Дальнейшее развитие МКА связывается с вопросами расширения возможностей подсистем (увеличение ёмкости и числа циклов зарядки аккумуляторных батарей, повышение прецизионности системы стабилизации, введение адаптивного режима расхода электроэнергии, внедрение помехозащищённых устройств на передачу данных, обеспечение манёвренности и др.), построения модульной конструкции аппаратов и оптимизации размещения подсистем, увеличение функциональных возможностей модулей полезной нагрузки. В этом вопросе ведущие университеты-разработчики в основном работают самостоятельно, предлагая зачастую оригинальные технические решения, достойные интереса разработчиков космических аппаратов более тяжёлых классов.

Юго-Западный государственный университет (далее — ЮЗГУ) с 2011 г.



Рис. 9

Как известно, выделяются два основных направления, по которым развиваются МКА [4]. Первое направление считается "университетским". Оно базируется на идее "лучше, быстрее, дешевле", провозглашённой в американской программе NASA X2000. Космические аппараты, разработанные по такой идеологии, представляют люби-

дарством вывод на орбиту. Такие МКА, конечно, не предназначены для решения сложных научных или прикладных задач. Полезная нагрузка имеет своей целью проверку её работоспособности в условиях космоса перед использованием в дорогостоящих проектах. Главным результатом такого подхода является обучение специалистов через



Рис. 10

ведёт исследования и разработки МКА, создав собственную технологию проектирования, конструирования и изготовления таких аппаратов. За этот период было создано и запущено свыше 20 аппаратов с различной полезной нагрузкой в интересах отечественных и зарубежных заказчиков. В июле 2022 г. была выведена на орбиту группировка МКА, состоящая из восьми аппаратов, полностью изготовленных в ЮЗГУ, и двух аппаратов, изготовленных в кооперации с Рязанским государственным радиотехническим университетом им. В. Ф. Уткина (рис. 2 на 2-й с. обложки) [3]. В циклограмму работы МКА заложена передача голосовых сообщений, поэтивно-

го и изображений SSTV, а также телеметрии.

В 2022—2023 гг. планируются к запуску ещё два аппарата ЮЗГУ для проведения научно-исследовательских экспериментов.

Среди реализованных функциональных возможностей МКА, созданных Юго-Западным государственным университетом, в ряде проектов можно выделить [2]:

- передача приветственных сообщений на 15 языках, телеметрия, фотографирование Земли;
- мониторинг земной поверхности в оптическом и ИК-диапазонах,
- научно-образовательные эксперименты в интересах России и Перу по

исследованию характеристик вакуума; — передача в наземный центр сообщений о состоянии систем МКА и результатов измерений физического состояния околоземной среды; — космический эксперимент по материаловедению, тестированию средств связи.

Выполнение проектов осуществлено в рамках научно-образовательного космического эксперимента "Радиоскаф", начатого в 2006 г. и продолжающегося в 2022—2023 гг. совместно с Ракетно-космической корпорацией "Энергия" им. С. П. Королева [6]. Этот научно-образовательный космический эксперимент является основой для отработки технологий изготовления и эксплуатации образцов космической техники в интересах проверки работоспособности приёмопередающей, измерительной и иной аппаратуры, а также вовлечения талантливой молодёжи в проектно-исследовательскую деятельность [2].

В рамках популяризации средств космической техники, образовательных программ космической направленности ЮЗГУ регулярно проводит сеансы космической связи школьников и студентов с космонавтами, находящимися на борту Международной космической станции (МКС). Такой сеанс состоялся в мае 2022 г., в котором приняли участие свыше 30 курских школьников и студентов. Дети задавали свои вопросы лётчику-космонавту, герою России, почётному профессору ЮЗГУ Олегу Германовичу Артемьеву в рамках экспедиции МКС-67 и получили ответы с борта МКС (рис. 3 на 2-й с. обложки).

Дальнейшие работы по совершенствованию конструкции МКА направлены на исследования, позволяющие:

- увеличить ёмкость и сократить время зарядки аккумуляторных батарей;
- повысить длительность приёмопередачи за счёт внедрения системы активной ориентации, создаваемой на основе четырёхосевого гироскопа и векторного процессора;



Рис. 11



Рис. 12

- изменять режим работы аппарата в зависимости от объёма накопленной энергии (адаптивная модель управления по остатку энергообеспечения МКА);
- передавать телеметрию и голосовые сообщения в параллельном режиме за счёт модификации блока частотной модуляции;
- изменять полётное задание в реальном режиме времени за счёт расширения системы команд бортового вычислительного модуля;
- обеспечить работоспособность технических решений по прецизионной стабилизации МКА;
- повысить эффективность решения прикладных задач созданием группировки взаимодействующих МКА (mesh-сети) и др.

Также успешно продолжается радиолюбительская деятельность на МКС по космическому эксперименту "О Гагарине из Космоса". Лётчик-космонавт О. Г. Артемьев во время экспедиции МКС-67 провёл замену радиостанции KENWOOD D710 на более совершенную этого же типа, при этом качество связи заметно улучшилось.

В 2022 г. с борта МКС были успешно проведены сеансы космической связи со следующими населёнными пунктами: г. Курск (ЮЗГУ), г. Липецк, детский центр Нижегородской области, г. Благовещенск (АмГУ), г. Владивосток (на паруснике "Надежда"), г. Москва (МГТУ им. Н. Э. Баумана и Институт космических исследований РАН), г. Казань, г. Уфа (Уфимский государственный авиационный технический университет и школа одарённых детей), г. Азнакаево (Татарстан), г. Саранск (Мордовия) и др.

11 августа 2022 г. члены экспедиции МКС-67 О. Артемьев, С. Корсаков, Д. Матвеев провели сеанс связи в честь 60-летия полёта А. Г. Николаева с его родной с. Шоршелы Чувашской республики, а затем радиостанция была переведена в автоматический пакетный режим APRS. Теперь радиолюбители между проведением голосовых сеансов связи и передачей SSTV-изображений могут посылать и принимать сообщения

из почтового ящика радиостанции МКС.

С целью дальнейшей популяризации и развития интереса к космическому эксперименту "Радиоскоф" ЮЗГУ запустил новый проект — "дипломную поисково-отчётную программу" для радиолюбителей по всему миру. Суть её заключается в том, что радиолюбители проводят сеансы связи со спутниками ЮЗГУ, а полученные декодированные данные присылают в университет в виде оформленного отчёта. В случае успешного приёма одного голосового сообщения, одного изображения и телеметрии от одного спутника радиолюбитель получает QSL-карточку участника. На рис. 4 на 2-й с. обложки приведены

русскоязычная и англоязычная версии этой карточки.

Если радиолюбитель принимает по десять сообщений каждого типа, тогда кроме QSL-карточки, он получает ещё диплом (рис. 5 на 1-й с.), показывающий наличие начальных профессиональных навыков и умений работы с радиостанцией.

В течение месяца свои QSL-карточки и дипломы по запущенной "дипломной поисково-отчётной программе" получили радиолюбители из России, Беларуси, США, Бразилии, Польши, Германии, Греции, Франции, Люксембурга, Аргентины, Китая, Судана, Испании, Японии. Высокий интерес к запущенному проекту свидетельствует об успешности проведения космического эксперимента "Радиоскоф" и повышенном внимании к космическим исследованиям и университетским МКА формата CubeSat 3U у мирового сообщества.

Валерий Сушков — радиолюбитель и путешественник (позывной RM0L) — руководитель проекта "Россия космическая" выпустил сувенирные QSL-карточки (рис. 6 на 1-й с.) и памятный конверт (рис. 7 на 1-й с.), где отражена вся история радиолюбительства на МКС по настоящее время.

Сейчас продолжается выпуск радиолюбительских дипломов за проведение сеансов связи с экипажами МКС (рис. 8 на 1-й с.).

Продолжается эксперимент по передаче SSTV-изображений с борта МКС. На рис. 9 приведены изображения SSTV серии 19, которые передавались 27 декабря 2021 г., и серии 20, передаваемые 12 апреля 2022 г. (рис. 10).

В честь великого русского учёного, основоположника ракетно-космической техники Константина Эдуардовича



Рис. 13

Циолковского 1 сентября 2022 г. на парадной площади ЮЗГУ открыт памятник (**рис. 11**), который станет культурно-историческим местом г. Курска. А НИИ космического приборостроения и радиоэлектронных систем ЮЗГУ получил имя К. Э. Циолковского.

В Ракетно-космической корпорации "Энергия" продолжается подготовка экипажей МКС по системе радиолобительской связи и радиолобительским космическим экспериментам, которые планируются к выполнению полёта на МКС в 2023 г. На **рис. 12** главный специалист Ракетно-космической корпорации "Энергия" Сергей Николаевич Самбуров (слева) проводит занятия по радиолобительской связи с космонавтами Николаем Чубом (справа на переднем плане) и Андреем Федяевым.

На борту МКС находится апрельский номер журнала "Радио" за этот год

(**рис. 13**), который с интересом читает экипаж.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Артемьев О., Самбуров С., Шиленков Е., Фролов С., Щитов А.** Результаты автономного космического полёта интеллектуальной группировки МКА в рамках космического эксперимента "РадиоСкаф". — Радио, 2020, № 4, с. 18—23.

2. **Артемьев О., Самбуров С., Емельянов С., Ларина О., Шиленков Е., Титенко Е., Фролов С., Добросердов Д., Зарубин Д., Щитов А.** Радиолобительские проекты на МКС. — Радио, 2021, № 4, с. 7—12.

3. **Емельянов С., Шиленков Е., Титенко Е., Щитов А., Добросердов Д., Зарубин Д., Титенко М., Разиньков К.** Космический эксперимент "Радиоскаф" на МКС: достижения и перспективы разработки студенческих МКА. — Радио, 2022, № 4, с. 7—11.

4. **Абламейко С. В., Саечников В. А., Спиридонов А. А.** Малые космические аппараты: пособие для студентов факультетов радиофизики и компьютерных технологий, механико-математического и географического. — Минск: БГУ, 2012, 159 с.

5. **Салиев Е. Р., Тютюнник Н. Н., Щеголов Г. А.** О проектировании малого космического аппарата на основе открытой модульной архитектуры. — Космонавтика и ракетостроение, 2019, № 1, с. 131—142.

6. **Самбуров С. Н., Артемьев О. Г., Шиленков Е. А., Фролов С. Н., Титенко Е. А., Щитов А. Н.** Результаты проведения 5 этапа космического эксперимента "Радиоскаф"/Научное значение трудов К. Э. Циолковского: история и современность. Материалы 55-х научных чтений памяти К. Э. Циолковского. — Калуга, 2020, ч. 2, с. 192—196. — URL: https://readings.gmik.ru/abstracts_2020_part_2.pdf (05.09.22).