

Космический эксперимент "Радиоскаф" на МКС: достижения и перспективы разработки студенческих МКА

**С. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р техн. наук, Е. ШИЛЕНКОВ, канд. техн. наук,
Е. ТИТЕНКО, канд. техн. наук, А. ЩИТОВ, Д. ДОБРОСЕРДОВ,
Д. ЗАРУБИН, М. ТИТЕНКО, К. РАЗИНЬКОВ, г. Курск**

Начало XXI века в космической технике связано с периодом интенсивного проектирования и эксплуатации малых космических аппаратов (МКА) форм-фактора CubeSat 3U. Их разработка возможна силами передовых научно-технических университетов мира, реализующих технологии проектирования несущего шасси, модулей системной и полезной нагрузки, включая модули управления и кооперации МКА в группировки.

Так, в 1999 г. был разработан и де-факто внедрён стандарт CubeSat от Калифорнийского политехнического и Стэнфордского университетов. Впоследствии возник целый класс космических аппаратов (КА) массой от 1 до 10 кг (нано КА) и от 10 до 100 кг (сверхмалые КА). В России в высших учебных заведениях исследования и разработка МКА форм-фактора CubeSat ведутся в различных университетах и научных центрах, один из которых — Юго-Западный

государственный университет (ЮЗГУ, г. Курск).

С 2006 г. ЮЗГУ участвует в образовательном космическом эксперименте (КЭ) "Радиоскаф" — создании, подготовке и запуске в процессе внекорабельной деятельности сверхмалых КА [1, 2]. Этот научно-образовательный КЭ — основа для отработки технологий изготовления и эксплуатации образцов космической техники в интересах проверки работоспособности приёмопере-

дающей, измерительной и иной аппаратуры, а также вовлечения талантливой молодёжи в проектно-исследовательскую деятельность. Благодаря постоян-

но проводящимся КЭ "Радиоскаф" созданы и запущены образцы МКА с реализованными функциональными возможностями:

- 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;

— КЭ по материаловедению, тестированию средств связи;

— приём сообщений от системы автоматического зависящего наблюдения-вещания (АЗН-В);

— проверка технических решений по стабилизации МКА и др.

За время проведения КЭ "Радиоскаф" в ЮЗГУ создана технология проектирования шасси аппаратов для выведения на орбиту с помощью разгонного блока "Фрегат", которая была успешно применена для разработки сверхмалого КА Ecuador-UTE (выведен на орбиту 5 июля 2019 г.). На **фото 1** показано шасси Ecuador-UTE.



Фото 1



Фото 3



Фото 2



Фото 4



Фото 5



Фото 6



Фото 7



Фото 8



Фото 10

События начала 2021 г. для ЮЗГУ стали знаменательными в его истории. Так, в середине 2021 г. в выставочном центре ВДНХ (г. Москва) в павильоне "Космос" состоялось торже-

ственное открытие экспозиции достижений ЮЗГУ в области космонавтики, с которой мог ознакомиться каждый желающий. На выставке представлены макеты МКА, которые были запущены на свою целевую орбиту и успешно выполнили программы полета. На открытии выставки присутствовала делегация Курской области (фото 2).

В экспозиции представлены пять основных платформ КА, разработанных в стенах ЮЗГУ, а также интерактивные дисплеи с видео и фотографиями, на которых представлен запуск МКА с борта Международной космической станции (фото 3—фото 7).

В рамках продолжающегося КЭ "Радиоскоф" специалистами ЮЗГУ в 2018—2021 гг. были разработаны и изготовлены восемь МКА ЮЗГУ-55 для продолжения исследований и совершенствования конструкции в части отработки полезной нагрузки, имеющей промышленную сферу применения (мониторинг воздушных и морских судов, установление связи со сторонними КА и др.). Шесть МКА (фото 8) прошли все проверки, тестовые испытания и уже доставлены на Международную космическую станцию (МКС).

На фото 9 представлен коллектив научных сотрудников НИИ КП и РЭС ЮЗГУ — Д. Г. Добросердов, Д. М. Зарубин, главный конструктор МКА, директор НИИ КП и РЭС Е. А. Шиленков — со стороны ЮЗГУ, главный специалист С. Н. Самбуров и начальник отдела



Фото 9



Фото 11



Фото 12



Фото 13



Фото 14



Фото 15

Ю. А. Степанов со стороны ПАО РКК "Энергия".

Запланировано доставить на МКС летом 2022 г. два МКА ЮЗГУ-55 и два спутника "Циолковский-Рязань", разработанных и изготовленных в Рязанском государственном радиотехническом университете им. В. Ф. Уткина совместно с ЮЗГУ в честь 165-летия со дня рождения основоположника космонавтики Константина Эдуардовича Циолковского, уроженца Рязанской земли. На **фото 10** показаны МКА "Циолковский-Рязань" перед отправкой на МКС. Эти аппараты — основа для формирования интеллектуальной группировки, совместно решающей прикладные задачи съёмки, приёма-передачи данных и измерения характеристик внешней среды для накопления и систематизации данных.

В качестве полезной нагрузки спутников разработаны модули приёма-передачи сигналов АЗН-В и модули для измерения шумов радиозофира.



Фото 16

Один из перспективных модулей полезной нагрузки — модуль системы АЗН-В, предназначенной для мониторинга состояния воздушных судов.

Применение средств и технологий АЗН-В обеспечивает сбор данных и дистанционного мониторинга состояния воздушных судов в процессе движения. Сеть стационарных наземных станций приёма сигналов АЗН-В от воздушных судов — стандартное направление сбора данных и мониторинга состояния судов в процессе движения. Проблемная ситуация заключается в неравномерном распределении таких станций приёма на территории Земли и, в частности, в России, что не позволяет своевременно получать координаты судов, контролировать их состояние в процессе движения и оперативно реагировать на изменения лётных данных. Для проведения экспериментов изготовлен электронный модуль сообщений АЗН-В. Электронные компоненты модуля размещены на многослойной печатной плате (четыре проводящих слоя) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и толщиной фольги 18 мкм с металлизацией переходных отверстий. Материал печатной платы — FR4Н1Тg170, толщина — 1,418 мм, диаметр отверстий — 0,2 мм, минимальная ширина проводника — 0,1 мм. По краям печатной платы нанесены четыре сквозных отверстия для её установки в защитную кожу.

Вид разработанного модуля АЗН-В показан на **фото 11** и **фото 12**.

Важная часть проведения КЭ — отработка вопросов обеспечения безопасности и эргономики доставки МКА на МКС. На **фото 13** показано размещение элементов конструкции аппарата в составе специализированного контейнера, обеспечивающего транспортировку и последующую сборку МКА.

Перед запуском космонавты проходят специализированную подготовку по отработке пуска МКА в наземных тренировочных центрах — бассейнах (**фото 14**), а также на борту МКС (**фото 15**).

На фото 15 космонавт Олег Германович Артемьев участвует в отработке действий по запуску аппаратов ЮЗГУ № 3 и № 4 в 2018 г. Во время проведения своего третьего полёта в составе экспедиции МКС-67 в 2022 г. Олегом Германовичем планируется провести "ручной" запуск всех десяти МКА.

Другой КЭ также имеет прикладную составляющую, он ориентирован на измерение шумов радиоэфира, что позволяет оценить трафик частотных каналов. Полученная информация позволит управлять частотными характеристиками каналов, что создаст базу для новых экспериментов по обеспечению космической связи.

Таким образом, в продолжение КЭ "Радиоскаф" созданы МКА с полезной нагрузкой, имеющей прикладное значение и направленной на расширение областей применения МКА в исследовательских, прикладных и иных задачах народного хозяйства и экономики.

Помимо создания спутниковых аппаратов и платформ специалистами ЮЗГУ ведётся просветительская деятельность в части привлечения молодёжи к космическим исследованиям. Так, в 2021 г. был организован сеанс космической связи в Белгородской области со школьниками с. Афанасьевская Алексеевского района и космонавтом, Героем России Антоном Шкаплеровым, находящимся на борту МКС. После сеанса связи школьникам показана обучающая видеолекция об истории и перспективах развития российской космической техники.

Ребятам рассказали о деятельности и перспективах Роскосмоса, продемон-

стрировали платформы спутников, созданных на базе ЮЗГУ, которые можно наблюдать в руках школьников на **фото 16**.

На основе объединённых усилий ПАО РКК "Энергия" имени С. П. Королёва и ФГБОУ ВО ЮЗГУ дальнейшее развитие КЭ "Радиоскаф" состоит в:

— разработке и совершенствовании платформ МКА (унификация конструкции, уменьшение массы аппарата, расширение объёма для модулей полезной нагрузки);

— улучшении тактико-технических и эксплуатационных характеристик системных модулей и модулей полезной нагрузки;

— привлечении талантливой молодёжи (школьники, студенты) в проекты по созданию космической техники и участию в информационно-образовательных мероприятиях (сеансы радиосвязи с космонавтами, приём приветственных сообщений, экскурсии на космодром и др.).

Авторы благодарят руководителя космического проекта "Радиоскаф", главного специалиста ПАО РКК "Энергия" Сергея Николаевича Самбурова и исполнителя проекта космонавта Олега Германовича Артемьева за помощь в подготовке этой статьи.

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.