

4 • 2020

# РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

12 апреля — День космонавтики



Самые наилучшие пожелания  
читателям журнала "Радио"  
от космонавтов МКС

*Олег Артемьев*  
*А. Шкопперов*

- Автомат смазки мотоцикла
  - Пробник для транзисторов
  - Измеряем высокоомные резисторы
  - "Дельта" с переключаемой поляризацией
- ...и ещё 11 конструкций



4  
2020

**Результаты автономного космического полёта интеллектуальной группировки МКА в рамках космического эксперимента "РадиоСкаф"**

**О. АРТЕМЬЕВ**, канд. экон. наук,  
Звёздный городок Московской обл.,  
**С. САМБУРОВ**, г. Королёв Московской обл.,  
**Е. ШИЛЕНКОВ**, канд. техн. наук,  
**С. ФРОЛОВ**, канд. техн. наук,  
**А. ЩИТОВ**, г. Курск

(см. статью на с. 18)

12 апреля 1961 года в 9.07 мск корабль-спутник „Восток“ поднялся в космос. На его борту — первый в мире космонавт майор Юрий Гагарин. В тот же день в 10.55 мск космический корабль благополучно вернулся на свая



Рис. 10



Рис. 25



Рис. 24

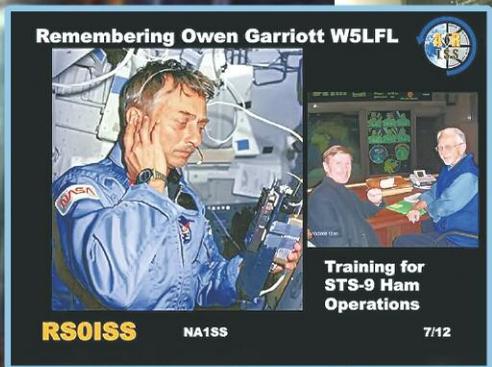


Рис. 12

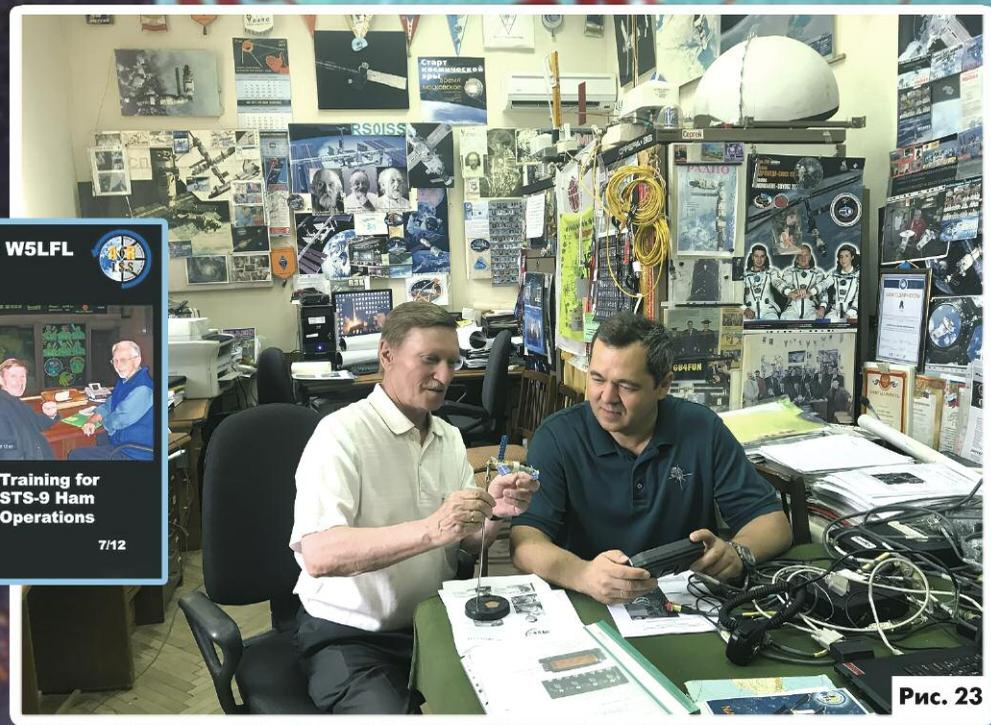


Рис. 23

# Результаты автономного космического полёта интеллектуальной группировки МКА в рамках космического эксперимента "РадиоСкаф"

**О. АРТЕМЬЕВ**, канд. экон. наук, Звёздный городок Московской обл.,

**С. САМБУРОВ**, г. Королёв Московской обл.,

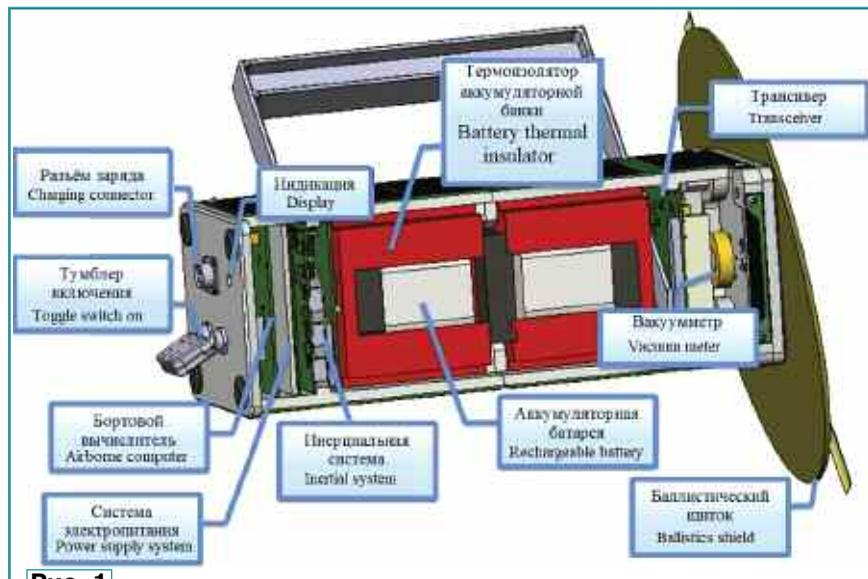
**Е. ШИЛЕНКОВ**, канд. техн. наук, **С. ФРОЛОВ**, канд. техн. наук, **А. ЩИТОВ**, г. Курск

**В** настоящее время большой интерес представляет создание автономной интеллектуальной группировки малых космических аппаратов (МКА). Цель космического эксперимента "Радио-

сбора и обработки данных измерителей и автоматического поддержания сети внутри группировки.

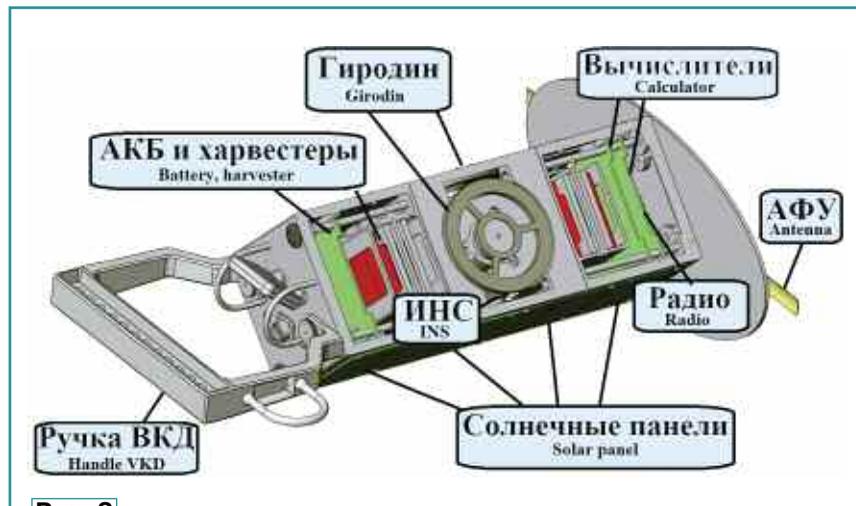
Анализ результатов автономного космического полёта МКА показал, что

устойчивая зона приёма сигнала спутника на низкой околоземной орбите (НОО) на изотропную антенну при мощности передачи не менее 29,6 дБм (0,95 Вт) начинается с угла места более десяти градусов. Это позволяет организовать семиминутный цифровой сеанс связи с наземной станцией с общим объёмом трафика 30 кбайт при скорости передачи данных 1200 бод и 240 кбайт при скорости 9600 бод (с оговоркой на худшую помехоустойчивость). Речевые сигналы, передаваемые МКА и принимаемые направленной антенной с коэффициентом усиления не хуже 10 дБд, разборчиво слышны на низких углах места (менее одного градуса). Интервал времени речевого обмена с наземной станцией длится десять минут. Система питания генерирует около 10 Вт·ч электроэнергии, что позволяет использовать передатчик в течение 30 мин на каждом витке. Четыре аккумулятора представляют собой буфер питания с совокупной энергоёмкостью батарей 74 Вт·ч, которая динамически распределяется на питание полезной нагрузки и бортовых систем. Максимальное время непрерывной работы передатчика — 60 ч. Время восстановления заряда аккумуляторной батареи — 16 витков с выключенным передатчиком и полезной нагрузкой.



**Рис. 1**

Скаф" — отработка технологии создания малых космических аппаратов серии CubeSat в конфигурации 3U различного целевого назначения, разработка научной аппаратуры для установки её на космический аппарат, выведение аппарата с российского сегмента Международной космической станции (МКС) и последующая лётная отработка аппаратуры в условиях автономного полёта с орбиты около 400 км и ниже, а также получение фотоизображений поверхности Земли и данных от научных приборов, установленных на спутнике и исследование характеристик грузов, доставленных на орбиту. Кроме того, целями этого эксперимента являются создание элементов информационной технологии для группировки МКА, организация полудуплексной связи внутри сети группировки совместно с возможностью приёма команд от наземного пункта управления, отработка группировкой МКА функций коллективного



**Рис. 2**

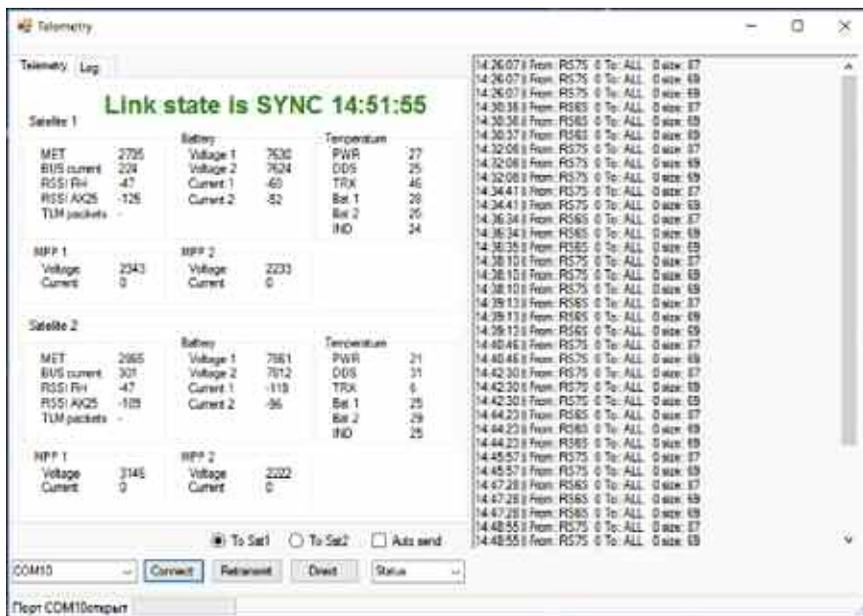


Рис. 3

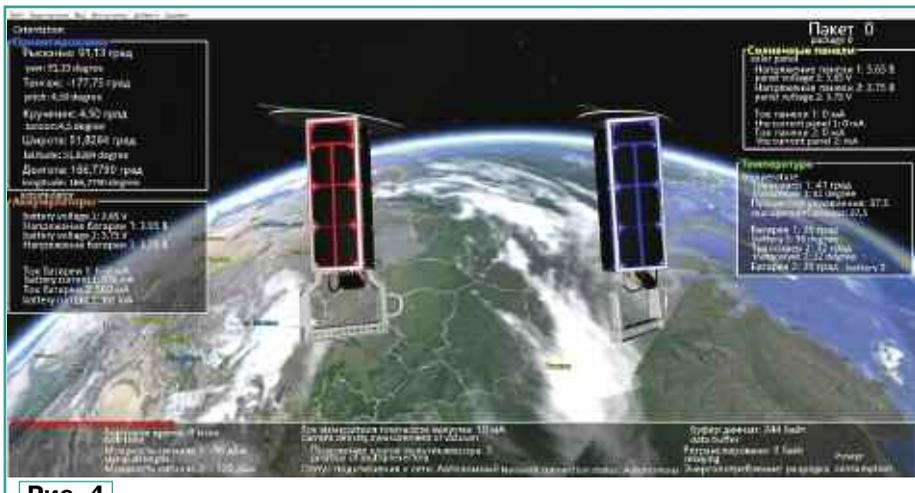


Рис. 4

Стабилизация положения МКА до угловой скорости вращения менее одного

градуса в секунду требует около 25 Вт·ч энергии при включённом гетеродине и

передачи команды на удалённый МКА повысил оперативность управления.



Рис. 5



Рис. 6

тормозящих магниторкерах (магнитных затворах). При исходных угловых скоростях поворота не выше 540 градусов в секунду зафиксированное время стабилизации приблизительно 324 секунды.

Каждый аппарат из состава группировки МКА содержит информацию об активных спутниках сети. На текущий момент их четыре: RS6S, RS7S, RS8S, RS9S. Приоритетный адрес получает аппарат с наибольшим запасом и генерацией электроэнергии (сейчас RS7S). На рис. 1 и рис. 2 показаны МКА серий "Танюша-1", "Танюша-2" и "Танюша-3", "Танюша-4" соответственно.

МКА "Танюша-2" (RS7S) чаще других использует общий канал связи, в то время как другие ожидают его освобождения. На рис. 3, как пример, показан обмен информационными сообщениями между МКА RS7S и RS6S. Такой подход позволил снизить интерференцию сигнала и замириания. Все объекты внутри группировки синхронизируются по времени и ориентации. Последнее означает, что спутники содержат информацию об угловых скоростях поворота каждого. Ориентирование МКА перпендикулярно (ортогонально) поверхности Земли используется для параллельной передачи данных. Пересечение векторов направлений, при котором антенно-фидерные устройства МКА находятся на одной оси (диаграммы антенн спутников направлены друг на друга), оптимально для автономного обмена информацией.

При этом измеренная длина траектории в космическом пространстве равняется 1534 км при уровне сигнала -121 дБм, что ещё не является "последней милей" для применяемой системы связи.

В рамках автономного обмена данными отработаны ретрансляция телеметрической информации и команды удалённого управления. Ретрансляция телеметрии позволила получать результаты работы научного оборудования (полезной нагрузки) МКА, расположенного за горизонтом, через МКА, находящийся в зоне видимости наземного центра управления. Обратный процесс



Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9



Рис. 11



Рис. 13



Рис. 14

Размещение составных частей научного оборудования в разных МКА позволило реализовать разнесённый в пространстве эксперимент. В отличие от одиночного аппарата, автономная интеллектуальная группировка проводит динамические и дифференциальные измерения. Положительный результат

заключается в повышении точности исследования. Процесс регистрации нейтральных и заряженных частиц вакуумметрами двух МКА в одной области пространства (но с задержкой по времени) уточняет математическую модель расчёта баллистики. Установлено, что синхронная работа датчиков

электромагнитного поля (при удалённом расположении МКА и соосном ориентировании) на порядок увеличивает динамический диапазон измерений. Автономная интеллектуальная группировка позволила проводить эксперименты по изучению переходных процессов на солнечном и теневом отрезках



Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18



Рис. 19

орбиты одновременно. Результаты работы научного оборудования по исследованию удалённых зон одиночного МКА могут быть получены только при следующем пролёте над пунктом управления. Напротив, ретрансляция телеметрии внутри группировки осуществляет оперативный мониторинг таких зон в реальном времени.

МКА автономной интеллектуальной группировки способен изменять полётное задание по команде наземного пункта управления, переданной напрямую или посредством ретрансляции. Время выполнения команды стабилизации и поворота граничит со временем нахождения центра управления в зоне покрытия МКА. Созданная сеть увеличила временной интервал взаимодействия, предоставляя возможность контроля и коррекции исполнения длительных процессов. Объём передаваемых данных ограничен каналом связи и временем нахождения в зоне



Рис. 20



Рис. 21

приёма сигнала. Автономная группировка позволила увеличить объём принимаемых данных до 160 % посредством прямой ретрансляции. В научном сообществе активно развиваются глобальные сети наземных обсерваторий. Интеграция наземного пункта управления в сообщество Satnogs расширила покрытие до 40 % всей поверхности Земли. Таким образом, сейчас информационное взаимодействие представляет собой завершённый цикл. Высокая оперативность принятия решений по

управлению группировкой МКА и оценке её состояния достигнута благодаря глобальному мониторингу.

Проектное "время жизни" МКА — шесть месяцев. Сегодня этот показатель значительно превышен. Основным условием существования сети является работоспособность как минимум одного аппарата. Апробированные параметры связи показали, что подобные группировки МКА могут быть использованы как базовые станции речевого общения с широким покрытием. На **рис. 4** пока-

зан интерфейс программы для управления группировкой МКА.

Анализ радиочастотной обстановки "сверху" позволит оперативно выбрать свободный канал связи. В качестве развития концепции связи 5G всерьёз рассматривается размещение оборудования базовых станций на спутниках НОО. Функционирование автономной интеллектуальной группировки подтверждает такую возможность. Объединение МКА в сеть на орбите уже привело к глобальной кооперации разработчиков и радиолюбителей в сообществе обсерваторий (наземных пунктов управления). Ввиду лавинообразного увеличения числа МКА типа CubeSat острым вопросом являются их учёт и утилизация. Внедрение протокола межспутникового обмена в служебном канале, реализованном в "РадиоСкафе", в каждый вновь запускаемый CubSat позволит точно установить число активных и неактивных аппаратов. Результаты космического эксперимента "РадиоСкаф" указывают на необходимость дальнейшего использования и пополнение группировки МКА на НОО для дистанционного зондирования Земли.

В статье "Разработка и запуск радиолюбительских малых космических аппаратов с орбитальных станций "Мир" и МКС" ("Радио", 2018, № 4, с. 49—51) описана история разработки и запуска МКА с орбитальных станций "Мир" и МКС.

**RSOISS**  
29 June - 1 July 2018



## ARISS SSTV Award

Received SSTV images in commemoration of the various satellites that the ARISS team has developed and hand - deployed from the ISS, sent through the amateur radio system installed on the Russian segment of the International Space Station.

Принимал SSTV изображения в ознаменование различных спутников, которые команда ARISS разработала и развернула вручную с МКС, отправленные через радиоловительскую систему установленную на Российском сегменте Международной космической станции.

Руководитель Радиоловительской  
Деятельности на МКС  
Сергей Самбуров RV3DR  
ARISS International Chair  
Frank Bauer SA3H-DIG  
ARISS Europe Chair  
Oliver Arnold DG9BDC  
RSOISS Операторы - носовозмат  
Олег Артемьев  
Сергей Ласовский  
Mentor ARISS Europe  
Александр Виноградов RV3QPF  
ARISS SSTV Award Manager  
Татьяна Сухоморова SV3JSDR




Amateur Radio on the International Space Station  
Любительское радио на борту Международной космической станции

Рис. 22

В настоящее время идёт разработка новых, более совершенных спутников "Циолковский-Рязань", "ЮЗГУ-55" для продолжения экспериментов по созданию автономных интеллектуальных группировок МКА. К сожалению, из-за отсутствия "выходов" в программе полёта МКС в 2019 г. и 2020 г. запуск спутников для пополнения существующей группировки не проводился. С учётом того, что МКА имеют срок существования около одного года, последний спутник был запущен в августе 2018 г., а ближайший выход для запуска намечен только на 2021 г., видимо, создавать автономную интеллектуальную группировку придётся заново. Мы планируем создать её из уже изготовленных МКА "ЮЗГУ-55" № 5 и "ЮЗГУ-55" № 6, изготавливаемых "ЮЗГУ-55" № 7 и "ЮЗГУ-55" № 8, а также спутника "Циолковский-Рязань" и, возможно, ещё некоторых новых.

В 2019 г. было организовано несколько голосовых сеансов связи между экипажами МКС и наземными учебными заведениями в городах Уфе, Курске, Красноярске, Челябинске, Ханты-Мансийске, Нижнем Тагиле, Саранске, Благовещенске, Дубаи (ОАЭ) и др. Были также организованы пять серий сеансов передачи изображений SSTV (серии 11, 12, 13, 14, 15). Принятые изображения можно посмотреть на сайте [http://www.spaceflightsoftware.com/ARISS\\_SSTV/index.php](http://www.spaceflightsoftware.com/ARISS_SSTV/index.php) в Интернете. Некото-

рые изображения из этих серий приведены здесь: серия 11 (рис. 5, рис. 6), серия 12 (рис. 7), серия 13 (рис. 8, рис. 9 и рис. 10 на 2-й с. обложки), серия 14 (рис. 11, рис. 12 на 2-й с. обложки) и серия 15 (рис. 13—рис. 18).

На каждую серию изображений по просьбе нашей международной организации ARISS польские радиохобби-тели выпустили дипломы (рис. 19—рис. 22).

Все члены экипажей проходили тренировку по работе в эфире с радиоловительской станцией, установленной на МКС, в ПАО РКК "Энергия". На рис. 23—рис. 25 (см. 2-ю с. обложки) показаны тренировки российского космонавта Олега Ивановича Скрипочки (справа), космонавтов ОАЭ Аль Мансури Хазза и Аль Неяди Султана (слева—направо) и астронавта НАСА Джанет Эппс. Занятия, как обычно, проводит руководитель радиоловительской деятельности на МКС Сергей Николаевич Самбуров (RV3DR).

Сейчас мы разрабатываем новые радиоловительские проекты, в частности, проектируется новая радиоловительская видеосистема. Кроме того, проводятся эксперименты по расширению времени сеанса радиосвязи за счёт подключения нескольких наземных радиостанций, расположенных по трассе полёта МКС, и подключения отдалённых школ по сети Интернет к базовым наземным станциям.