

## ПЕРЕДАЧА ГОЛОСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО НАЗЕМНОМУ КОМПЛЕКСУ УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИЕЙ

Ю. С. Поляков

*Целью статьи является определение оптимального алгоритма передачи голосовой информации в наземном комплексе управления российского сегмента Международной космической станции с возможностью дальнейшего расширения системы передачи голосовой информации для функционирования Российской орбитальной станции. В статье описано современное состояние системы телефонно-телеграфной связи, определены методы передачи голосовой информации. Представлена схема передачи голосовой информации от объектов наземного комплекса управления российским сегментом Международной космической станции. Предложена схема интеграции в существующий наземный комплекс управления, а также приведено внутреннее устройство цифровой системы обмена голосовой информацией.*

**Ключевые слова:** голосовая информация, мультиплексирование, цифровой поток, наземный комплекс управления.

### Введение

Передача голосовой информации является актуальной задачей в космических системах связи. Речь – это наиболее удобное средство передачи информации для человека. Посредством переговоров оператора центра управления полетом (ЦУП) и космонавта возможно проводить как запланированные, так и нештатные на всех этапах пуска, выведения, стыковки и эксплуатации Международной космической станции (МКС) и в будущем Российской орбитальной станции (РОС) сеансы связи [1].

Сеансы связи могут проходить, если космический аппарат (КА), с которым планируется вести переговоры, попадает в зону уверенного приема наземного комплекса управления (НКУ) российского сегмента (РС) МКС. Основные задачи НКУ могут быть сформулированы следующим образом: поддержание орбитальной структуры космической системы; управление и контроль выполнения динамических операций в космосе; управление функционированием бортовой аппаратуры КА, контроль и диагностика ее состояния; взаимодействие с комплексами, обеспечивающими целевое использование КА на всех этапах функционирования [2]. Ведение переговоров с оператором ЦУП необходимо для выполнения многих задач как при взаимодействии с КА, при проведении многих операций на самой МКС, так и при выходе в открытый космос. Время сеанса очень ограничено, поэтому переговоры должны проходить с максимальной эффективностью: необходимо исключить прерывания и задержки, а также минимизировать влияние помех во время передачи информации по НКУ РС МКС. Речь во время переговоров должна быть четкой и удобной к восприятию, операторы ЦУП

и космонавты должны не только понимать, какая информация доходит до потребителя, но и кто ее источник (речь должна быть различимой, а голос узнаваемым).

### Текущее состояние

В 70-х годах была создана, а в 90-х доработана используемая по сегодняшний день, как видно из рис. 1, система телефонно-телеграфной связи, в основе которой лежат приемо-передающие станции и комплексы (ППС и ППК). Проектирование ППС проводилось с учетом широко распространенного формата передачи голосовой информации – канала тональной частоты (ТЧ). В настоящее время каналы передачи между объектами НКУ устаревают. Оконечное оборудование, размещенное на объектах НКУ РС МКС, было выполнено на базе иностранного телекоммуникационного оборудования и на данный момент морально и физически устарело. Создание дополнительных пунктов, вводимых в состав НКУ РС МКС, только усложнит управление и приведет к дополнительным временным и экономическим затратам. Эффективнее модернизировать существующие пункты управления, создавая задел для увеличения выполняемых задач и перехода на новые технологии.

Канал тональной частоты применяется для передачи телефонных сигналов, а также сигналов данных, факсимильной и телеграфной связи в эффективно передаваемой полосе частот 0,3 – 3,4 кГц. Данная полоса частот удобна для передачи речевой информации, так как основная энергия сигнала лежит в области частот от 100 до 4 кГц. При выборе полосы канала тональной частоты теряются высокие частоты, но сохраняются разборчивость и узнаваемость голоса при экономном использовании частотного ресурса.



Рис. 1. Схема передачи голосовой информации в наземный комплекс управления российского сегмента Международной космической станции

В цифровых системах передачи аналогом для ТЧ канала является основной цифровой канал со скоростью передачи 64 Кбит/с. В международных обозначениях МСЭ-Т основной цифровой канал принято обозначать  $E0$ . При передаче голосовой информации необходимо предусматривать передачу не только переговоров космонавта с оператором ЦУП, но и переговоры обслуживающего и технического персонала станций и комплексов, размещенных на объектах НКУ РС МКС. С целью упрощения эксплуатации и оптимизации ресурсов на объектах организовано два вида циркуляров: технологические и модуляционные. Также при модернизации системы необходимо учитывать и возможность увеличения источников информации в связи с перспективой развития под РОС. Наиболее удобной реализацией передачи 64 Кбит/с будет использование «выделенного» цифрового канала для каждого канала ТЧ. Такой возможностью обладает цифровой поток  $E1$ .

В текущих условиях возникает потребность в модернизации НКУ РС МКС новыми техническими средствами обмена голосовой информацией, одним из основных требований к которым является возможность прямой интеграции в существующую схему управления РС МКС и возможность масштабирования разрабатываемой системы под задачи РОС [3]. Также существует необходимость перехода на новые средства связи служебных каналов передачи с целью повышения надежности и улучшения качества обмена голосовой информацией операторов технических средств, что позволит обеспечить лучшее управление как системой, так и уже функционирующими ППС и ППК.

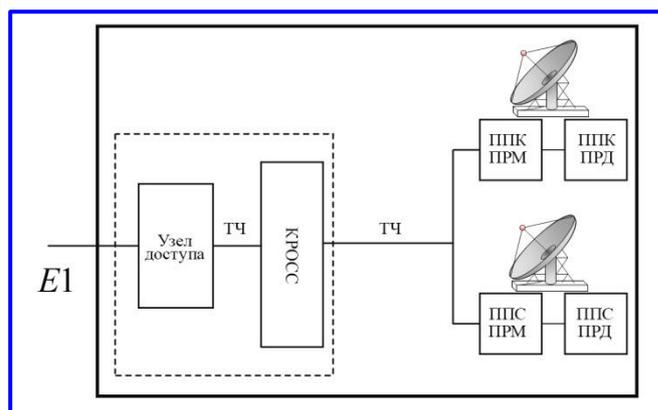


Рис. 2. Схема составной части системы с учетом приемного (ПРМ) и передающего (ПРД) полуккомплекта

### Реализация

С целью соблюдения перечисленных выше условий принято решение осуществить подключение вновь создаваемой системы к ранее установленному кроссовому оборудованию, к которому подключены ППС и ППК посредством ТЧ каналов. С кросса информация проключается на узел доступа, где преобразуется в формат  $E1$ . Основной принцип разделения цифрового потока  $E1$  определен стандартом G.704. В отличие от стандарта G.703, G.704 имеет строго определенную структуру. Устройство составной части системы отображено на рис. 2. Далее информация по выделенному каналу цифрового потока  $E1$  передается на центральный узел, отвечающий за распределение и обработку голосовой информации, получаемой от составной части.

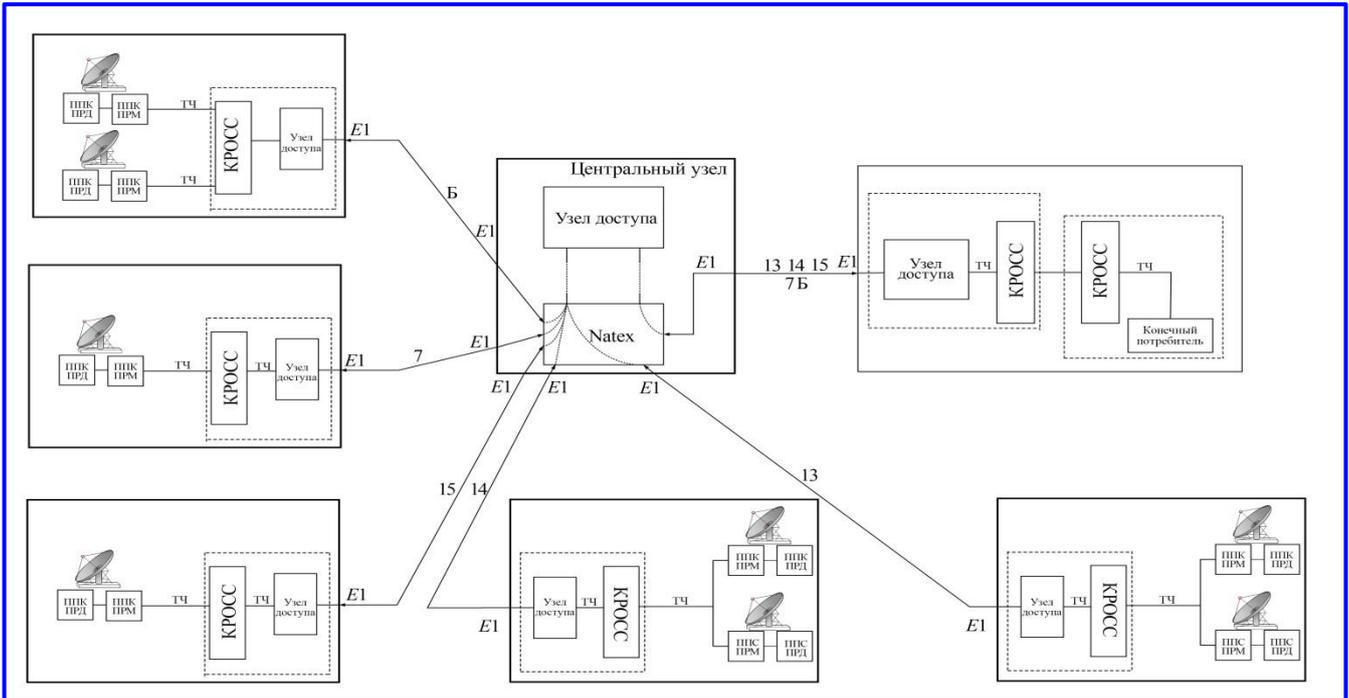


Рис. 3. Схема цифровой системы обмена голосовой информацией

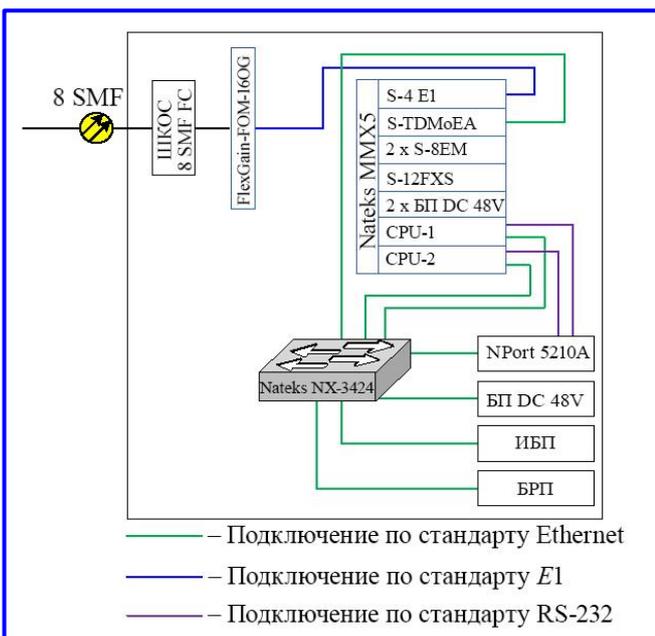


Рис. 4. Функциональная схема составной части

На рис. 3 представлена схема передачи голосовой информации от объектов НКУ РС МКС через центральный узел к конечному потребителю. В основе конструкции системы лежит принцип «модульности». Это означает, что система проектируется и настраивается таким образом, что отказ одной из составных частей системы, даже центрального узла, критическим образом не повлияет на работоспособность системы в целом.

Также модульность вновь создаваемой системы позволит в короткие сроки и с минимальными как финансовыми, так и временными затратами масштабировать ее на новые объекты из состава НКУ РС МКС и подключить к системе любого источника информации в формате каналов ТЧ.

#### Устройство составных частей системы

При разработке составных частей системы применяется опыт создания трактов передачи голосовой информации между космодромом Байконур и ЦУП (цифрового тракта). Технология передачи голосовой информации с использованием цифрового тракта доказывает эффективность и надежность передачи информации.

Составные части системы, как и сама система, разрабатываются на базе отечественного телекоммуникационного оборудования.

Функционал составной части системы (рис. 4) заложен в двух основных устройствах:

1. Коммутатор Nateks-NX-3424, работающий по стандарту Ethernet, объединяет устройства в одну локальную сеть, что упрощает управление, настройку и контроль технического состояния оборудования.

2. Гибкий мультиплексор Nateks MMX 5U применяется в качестве базового оборудования на узле доступа и выполняет следующие функции:

- преобразует информацию, поступающую в формате ТЧ из нескольких источников, в цифровой поток E1;

– интегрирует данные, получаемые от коммутатора в цифровой поток, образуя систему «голос + данные» и разделяя их по разным временным интервалам внутри цифрового потока  $E1$ ;

– обеспечивает высокую степень резервирования как на схемотехническом уровне, так и на уровне комплектующих мультиплексора, благодаря устройству «корзины» с устанавливаемыми платами и возможностью их дублирования.

Каждый гибкий мультиплексор, установленный на объекте НКУ РС МКС, включает в себя следующее модули:

– плату Nateks-MMX-S-4E1 четырех агрегатных потоков 2048Мбит/с, предназначенную для мультиплексирования до 30 цифровых и аналоговых интерфейсов в поток  $E1$ ;

– плату Nateks-MMX-S-TDMoEA, позволяющую организовывать соединения между мультиплексорами Nateks MMX;

– плату Nateks-MMX-S-8EM-RK2, позволяющую осуществить подключение гибкого мультиплексора к источнику сигнала в формате ТЧ канала.

После совершенных преобразований объединенная информация передается на оптический мультиплексор FlexGain-FOM-16OG, где преобразуется в оптический вид и далее передается на центральный узел, размещенный в г. Москве.

Центральный узел имеет схожую структуру в сравнении с составными частями системы, но с целью работы с большими объемами перераспределяемой информации центральный узел доработан дополнительным оборудованием для обработки порядка десяти цифровых потоков  $E1$ . Также центральный узел системы сконструирован с учетом повышенных требований надежности и позволяет передавать голосовую информацию при отключении всего периферийного оборудования, а при выходе из строя канала передачи на объекте

переход на работоспособный канал может быть осуществлен как в автоматизированном, так и в ручном режиме путем замены отказавшего блока. Подобный подход к резервированию оборудования позволяет обеспечить непрерывную передачу голосовой информации во время проведения сеансов связи операторов ЦУП с космонавтами.

### Заключение

Применение технологий цифрового потока  $E1$  при передаче голосовой информации по НКУ обеспечивает эффективную интеграцию в НКУ РС МКС, увеличение пропускной способности существующих каналов передачи, повышение надежности и качества передачи информации. Таким образом, модернизация НКУ РС МКС в части передачи голосовой информации обеспечивает не только выполнение основных задач НКУ РС МКС, но и подготовку к созданию НКУ РОС на базе существующих систем.

### Литература

1. Перспективы развития наземного комплекса управления космическими аппаратами дистанционного зондирования земли / А. В. Левашко, В. Н. Осьминин, К. В. Киселев [и др.] // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – 2018. – Т. 164. – № 3. – С. 19–25.
2. Кисляков М. Ю. Системно-технические аспекты развития НАКУ КА НСЭН и измерений до 2025 года / М. Ю. Кисляков, Н. С. Логачев, А. М. Петушков // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2016. – Т. 3. – Вып. 1. – С. 62–71.
3. Жодзишский А. И. Построение единого наземного комплекса управления многоспутниковой группировки КА ДЗЗ / А. И. Жодзишский, С. К. Жидкова, Д. Н. Нагорных // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2020. – Т. 7. – Вып. 4. – С. 14–21.

Поступила в редакцию 03.04.2023

**Юрий Сергеевич Поляков**, ведущий специалист филиала АО «ЦЭНКИ» – «НИИ ПМ им. академика В. И. Кузнецова», т. 8 (916) 906-06-58, e-mail: poliakov.yurij2010@yandex.ru. (филиал АО «ЦЭНКИ» – «НИИ ПМ им. академика В. И. Кузнецова»).

## TRANSMISSION OF VOICE INFORMATION VIA THE GROUND CONTROL COMPLEX OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Yu. S. Poliakov

*The purpose of the article is to determine the optimal algorithm for transmitting voice information in the ground control complex of the Russian segment of the International Space Station with the possibility of further expanding the voice information transmission system for the functioning of the Russian orbital station. The article describes the current state of the telephone and telegraph communication system, defines methods for transmitting voice information. A diagram of voice information transmission from the facilities of the ground control complex of the Russian segment of the International Space Station is presented. The scheme of integration into the existing ground control system is proposed, as well as the internal device of the digital voice information exchange system.*

**Key words:** voice information, multiplexing, digital stream, ground control system.

### References

1. Tregub prospects of development of ground control center for earth remote sensing satellites / A. V. Levoshko, V. N. Osminin, K. V. Kiselev [at al.] // Questions of electromechanics. Proceedings of VNIIEEM. – 2018. – Vol. 164. – № 3. – P. 19–25.
2. Kislyakov M. Yu. System and Technical Development Aspects of the Ground M. Yu. Kislyakov, N. S. Logachev, A. M. Petushkov // Rocket and space instrumentation and information systems. – 2016. – Vol. 3 (1). – P. 62–71.
3. Zhodzishskiy A. I. Construction of a Unified Ground-based Control Complex for a Multi-satellite ERS Constellation / A. I. Zhodzishskiy, S. K. Zhidkova, D. N. Nagornykh // Rocket and space instrumentation and information systems. – 2020. – Vol. 7 (4). – P. 14–21.

*Yurii Sergeevich Poliakov, leading expert NII PM named after academician V. I. Kuznetsov (branch of TsENKI), tel.: 8 (916) 906-06-58, e-mail: poliakov.yurij2010@yandex.ru. (NII PM named after academician V. I. Kuznetsov (branch of TsENKI)).*