

## АНАЛИЗ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ НА НИЗКИХ КРУГОВЫХ ОРБИТАХ

Д.М. Захаров

dmitrii.zakharov.a@gmail.com

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация*

В работе проанализирована инфраструктура взаимодействия многофункциональной системы связи для космического и связанного наземного комплекса, подробно рассмотрены ключевые элементы системы и предложен способ передачи данных внутри системы. Показано, что многофункциональная система связи и передачи данных на базе спутника «Гонец-М1» востребована в самых разных сферах, включая связь в регионах с неразвитой инфраструктурой, транспортные перевозки, автоматизированный сбор информации с необслуживаемых датчиков экологического и промышленного мониторинга, а также в обеспечении связи в экстремальных ситуациях. Анализ эволюции спутников «Гонец» позволил определить конструктивные изменения нового поколения аппаратов «Гонец-М1».

**Ключевые слова:** спутниковая связь, «Гонец-М1», многофункциональная система связи и передачи данных с космическими аппаратами на низких круговых орбитах, Global System for Mobile, космический аппарат, энерговооруженность, система, комплекс, станция связи, абонентский терминал

**Введение.** Для современного развития цифровых технологий необходимы эффективные и надежные системы связи и передачи данных, обеспечивающие взаимодействие различных объектов в удаленных и труднодоступных регионах. В условиях цифровой трансформации экономики и усиления роли автономных систем России следует развивать собственные многофункциональные решения, способные обеспечить бесперебойную связь в промышленной, транспортной, экологической и оборонной сферах.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью повышения независимости страны в области телекоммуникаций. Основным назначением многофункциональной системы связи и передачи данных (МСПСС И ПД) является обеспечение связью зон вне покрытия наземными сетями GSM (Global System for Mobile). Абонент системы будут иметь возможность отправлять и получать текстовые сообщения, используя наземные средства потребителя (НСП). В роли адресатов будут выступать электронные почтовые ящики или абоненты спутниковой сети. Данная информационно-сетевая система раскроет потенциал космических систем, обеспечит глобальный и опе-

ративный доступ к данным о любых пространственных объектах — в космосе, воздухе, на суше и море. Это откроет перспективы для развития связи и предоставления телекоммуникационных услуг широкому кругу пользователей, а также решит задачи, связанные с навигацией, координатно-временным обеспечением, фундаментальными и прикладными научными исследованиями, геофизикой, геодезией, картографией и другими областями.

Целью исследования является анализ МСПСС И ПД и нового прототипа космического аппарата (КА) «Гонец-М1», который будет использоваться в этой системе.

**Анализ системы «Гонец». Анализ предыдущих поколений КА системы «Гонец».** Данные об этой системе представлены в табл. 1. Первое поколение, «Гонец-Д1», представляет собой низкоорбитальный спутник, ориентированный на центр Земли, без возможности коррекции орбиты. Его орбитальная группировка состояла из 6 спутников в двух плоскостях. Энерговооруженность аппарата составляла 100 Вт, а диапазон рабочих частот ограничивался 259,5/265,2 МГц (Р-диапазон). Спутник поддерживал всего один канал связи с максимальной скоростью передачи данных 2,4 кбит/с. Суточная пропускная способность составляла 16,5 Мбит, а срок активного существования — 1,5 года. Запуск осуществлялся с помощью ракеты-носителя «Циклон» группами по 3–6 аппаратов [1].

**Таблица 1. Космические аппараты «Гонец»**

Параметр	Тип КА		
	Гонец-Д1	Гонец-М	Гонец-М1
Срок эксплуатации, лет	1,5	5–7	10
Дата пусков	С 1996 по 2001 г.	С 2010 по 2022 г.	—
Число запущенных КА	9	23	—
Число штатных КА	6	12	28

Второе поколение, «Гонец-М», значительно превосходит своего предшественника. Он также является низкоорбитальным спутником, но с возможностью коррекции вдоль орбиты. Орбитальная группировка увеличилась до 12 аппаратов, распределенных в четырех плоскостях. Энерговооруженность возросла до 200 Вт, а рабочий диапазон частот расширился до 300/400 МГц (Р-диапазон). Количество каналов связи увеличилось до 14 в направлении «Земля — Космос» и до 2 в направлении «Космос — Земля», а скорость передачи данных достигла 64 кбит/с. Суточная пропускная способность выросла до 270 Мбит, а срок активного существования составил 5–7 лет. Выведение на орбиту осуществлялось с помощью ракеты-носителя «Рокот» группами по 3 аппарата.

Новейшее поколение, «Гонец-М1», представляет собой значительно усовершенствованную версию предыдущих спутников. Орбитальная группировка расширилась до 28 аппаратов в четырех плоскостях. Энерговооруженность осталась на уровне 200 Вт, но диапазон рабочих частот стал существенно шире — от 1980/2200 МГц (S-диапазон) до 5000/7000 МГц (C-диапазон). Число каналов возросло до 16 в направлении «Земля — Космос» и до 2 в направлении «Космос — Земля», а скорость передачи данных достигла 268,8 кбит/с. Суточная пропускная способность увеличилась до 1000...5000 Мбит. Спутник имеет значительно больший срок активного существования — до 10 лет. Для выведения используются ракеты-носители «Союз-2» с разгонным блоком «Фрегат» (по 4–7 аппаратов за запуск) и «Ангара-1.2» (по 1–2 аппарата) [2]. Приведенные выше характеристики представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Технические характеристики аппаратов космического сегмента**

Характеристика	Гонец-Д1	Гонец-М	Гонец-М1
Тип КА	Низкоорбитальный, ориентированный на центр Земли, коррекция вдоль орбиты нет	Низкоорбитальный, ориентированный на центр Земли, коррекция вдоль орбиты есть	
Орбита	Низкая круговая орбита		
Высота, км	1500		
Наклонение, град	82,5		
Баллистическое построение орбитальной группировки	6 КА в двух плоскостях	12 КА в четырех плоскостях	28 КА в четырех плоскостях
Энерговооруженность, Вт	100	200	200
Диапазон частот, МГц	259,5/265,2-Р	300/400-Р	1980/2200-S 300/400-Р 5000/7000-C
Число каналов на одном КА: – в направлении «Земля — Космос» – в направлении «Космос — Земля»	1 1	14 2	24 2
Скорость передачи информации одного канала, кбит/с	2,4	2,4; 4,8; 9,6 вверх, 9,6; 32; 64 вниз	2,4; 4,8; 9,6; 38,4 вверх, 9,6; 38,4; 76,8 вниз, 2,4; 268,8 вверх, 2,4; 268,8 вниз
Пропускная способность, Мбит/сутки	16,5	270	До 5000

Окончание табл. 2

Характеристика	Гонец-Д1	Гонец-М	Гонец-М1
Масса, кг	225	275	650
Срок активного существования, лет	1,5	5-7	10
Способ выведения (групповой)	«Циклон» по 3–6 КА	«Рокот» по 3 КА	РН «Союз-2» этапа 16 с РБ «Фрегат» по 4–7 КА, РН «Ангара-1.2» по 1–2 КА

Проанализировав характеристики аппаратов рассматриваемого космического сегмента, можно прийти к следующим заключениям.

1. Развитие спутников системы «Гонец» показывает значительное увеличение их возможностей с каждым поколением.

2. Основные улучшения коснулись увеличения числа спутников в орбитальной группировке, расширения диапазона рабочих частот и увеличения скорости передачи данных.

3. Суточная пропускная способность аппаратов возросла в сотни раз, а срок их активного существования увеличился более чем в 6 раз. Последние модели способны обеспечивать более надежную и скоростную связь, а их выведение стало более гибким благодаря использованию различных типов ракет-носителей.

Таким образом, система «Гонец» эволюционировала в сторону повышения эффективности и расширения функциональных возможностей [3].

**Назначение системы нового поколения.** Основным назначением разрабатываемой системы на базе КА «Гонец-М1» является обеспечение связью (телефонными данными) на территории РФ и за ее пределами со стационарными и мобильными абонентами, находящимися в труднодоступных регионах и без отсутствия других сетей связи (GSM). Сеть предоставляет следующие виды связи (услуги):

- передача данных (ПД) в Р-диапазоне;
- телефонная связь (ТЛФ) и ПД в S-диапазоне.

Абонент системы «Гонец-М1» имеет возможность отправлять и получать текстовые сообщения (в диапазонах Р и S) и ТЛФ (в диапазоне S), используя наземные средства потребителя (НСП).

В роли адресатов выступают носимые НСП типа «трубка», электронные почтовые ящики (Internet), абоненты мобильных сетей связи, ТФОП или абоненты спутниковой сети [4].

Оборудование и программное обеспечение космических аппаратов и НСП спроектировано таким образом, что для работы системы требуется нахождение абонентов в зоне радиовидимости космического аппарата (КА). При отсутствии совместной зоны радиовидимости НСП и КА возможна передача только сообщений (буферизуется и передается на витке одного из КА системы над абонентом), организация ТЛФ невозможна [5].

На данный момент в системе на базе «Гонец-М1» планируются к реализации следующие сервисы:

- обмен сообщениями между абонентами системы в глобальном масштабе;

- телефонная связь в рамках РФ и стран СНГ, с возможностью глобального масштабирования данного сервиса (передача данных о местоположении объектов, полученных с использованием системы ГЛОНАСС или других навигационных систем) [6];

- обмен сообщениями между абонентами системы и абонентами с использованием электронной почты как в персональном, так и в групповом режимах, по стандартным почтовым протоколам X.400 и SMTP/IMAP, с возможностью отправки прикрепленных файлов небольших размеров;

- обмен сообщениями между абонентами системы и абонентами мобильных сетей связи в глобальном масштабе). АСП на базе «Гонец-М1» автоматически выбирает спутниковую или наземную мобильную сеть в зависимости от доступности на текущий момент;

- циркулярная передача сообщений группе пользователей;

- передача телеметрической информации контролируемых объектов в центры мониторинга;

- передача данных в рамках ведомственных подсистем связи.

**Общие принципы работы МСПСС И ПД.** Многофункциональная система связи и передачи данных, работающая с использованием спутников представлена на рис. 3. Основной принцип ее работы заключается в передаче данных, голосовой связи и видеоконференцсвязи между абонентами через орбитальные КА и региональные станции связи (РС-С) [7].

К ключевым компонентам системы относятся следующие.

Космические аппараты (КА1 и КА2):

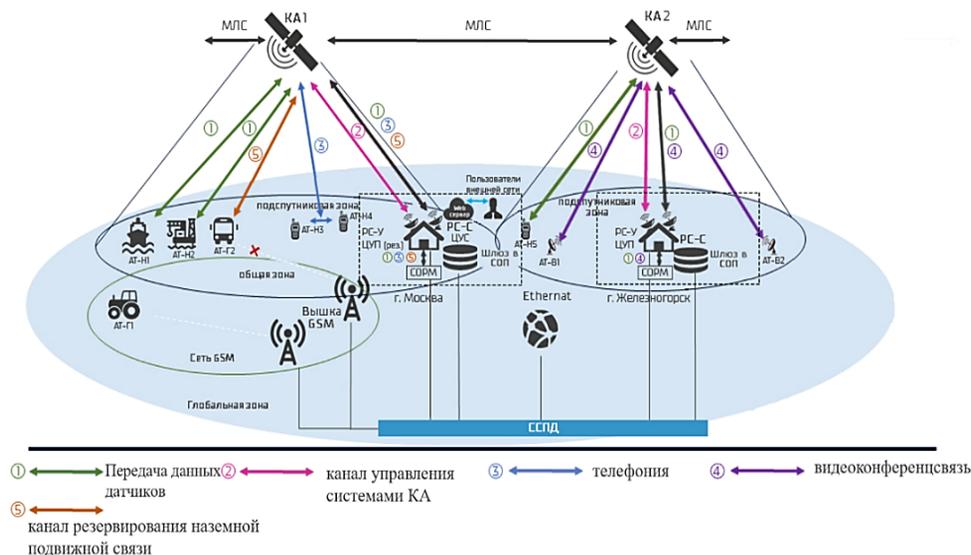
- выполняют роль ретрансляторов, обеспечивая связь между удаленными объектами;

- поддерживают различные типы каналов связи (телеметрия, передача данных, голосовая связь, видеоконференции);

- связаны с наземными станциями управления (ЦУП);

- абонентские терминалы (АТ);

- размещены на транспортных средствах (корабли, грузовики, автобусы, сельскохозяйственная техника);
- делятся на подспутниковую и общую зоны охвата;
- обеспечивают передачу данных с датчиков и передачу данных на спутник;
- гибридные АТ обеспечивают возможность работы как в сетях GSM, так и спутниковых.



**Рис. 3.** Принцип работы МСПСС И ПД, типы передаваемых данных (обозначены цветными стрелками):

передача данных датчиков (зеленый, ①) — информация от удаленных объектов (например, датчики температуры, мониторинг транспорта); канал управления системой КА (розовый, ②) — управление спутниковыми системами с наземных станций; телефония (голубой, ③) — голосовая связь между абонентами; видеоконференцсвязь (фиолетовый, ④) — передача видео в режиме реального времени; канал резервирования наземной связи (оранжевый, ⑤) — альтернатива для связи при отказе наземных каналов [8]

#### Наземная инфраструктура:

- центр управления полетами (ЦУП) предназначен для обеспечения централизованного автоматизированного управления КА на этапах подготовки к запуску, орбитального полета и завершения полета;
- региональная станция сопряжения (РС-С) организует прием из ЦУП по ССПД технологической, командно-программной информации и начальных условий, расчет целеуказаний по начальным условиям, получаемым из ЦУП по ССПД, передачу на КА «Гонец-М1» радиоконанд и командно-программной информации, полученных из ЦУП [7];

– центр управления связи (ЦУС) устанавливает и контролирует сопряжение с внешними сетями связи и передачи данных в соответствии, организует управление радио ресурсом орбитальной группировки в C/S-диапазоне частот при осуществлении вызовов и транзакций с учетом профилей пользователей МСПСС и ПД [8];

– шлюзы в сеть общего пользования (СОП) обеспечивают доступ к Интернету и другим сетям;

– СОПМ (система оперативно-розыскных мероприятий) представляет собой механизм правительственного контроля за передаваемыми данными [9].

Космический аппарат «Гонец-М1», согласно требованию технического задания, должен обеспечивать доставку информации в глобальном масштабе за время не более 1 мин. Выполнение этой задачи возможно при организации в орбитальной группировке КА межспутниковой радиолинии связи. Реализация межспутниковой линии связи (МЛС) и продолжительность ее функционирования зависит от прямой видимости двух КА системы и радиуса действия аппаратуры МЛС [10].

Орбитальная группировка, состоящая из четырех плоскостей по семь КА в каждой, позволяет организовать МЛС между двумя любыми КА системы в глобальном масштабе, используя для этого несколько КА. Вероятность такого события практически равна единице.

**Заключение.** По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. МСПСС и ПД на базе «Гонец-М1» востребована в самых разных сферах, включая связь в регионах с неразвитой инфраструктурой, транспортные перевозки, автоматизированный сбор информации с необслуживаемых датчиков экологического и промышленного мониторинга, а также в обеспечении связи в экстремальных ситуациях.

2. Анализ эволюции спутников «Гонец» позволил определить ключевые конструктивные изменения нового поколения КА «Гонец-М1», направленные на повышение их функциональных характеристик.

3. Данная система является стратегически важным элементом развития отечественной спутниковой связи. Она способствует повышению уровня безопасности, технологического развития страны и созданию независимой глобальной системы связи, ориентированной на удовлетворение потребностей как гражданского, так и государственного сектора.

## Литература

- [1] Gebreab S.A., Salah K., Jayaraman R., Zemerly J. Trusted Traceability and Certification of Refurbished Medical Devices Using Dynamic Composible NFTs. *IEEE Access*, 2023, vol. 11, pp. 30373–30389. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3261555>
- [2] Немытова Е.В., Белова А.А., Шилов А.К. Системы спутниковой связи. *Теория и практика современной науки*, 2016, № 4 (10), с. 514–519.
- [3] Кузовников А.В., Тестоедов Н.А., Агуреев В.А. Проблемы развития низкоорбитальной многофункциональной системы персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М». *Сибирский аэрокосмический журнал*, 2013, т. 14, № 6, с. 158–163.
- [4] Акзигитов А. Р., Стаценко Н. И., Писарев Н. С., Ефимова А. Н., Мусин Р. М. Внедрение отечественной спутниковой системы связи «Гонец» в процесс мониторинга воздушных судов. *Сибирский журнал науки и технологий*, 2018, т. 19, № 3, с. 464–468.
- [5] Тестоедов Н.А., Выгонский Ю.Г., Кузовников А.В. Многофункциональная система персональной спутниковой связи. *Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований*, Анапа, НПО им. С.А. Лавочкина, 2015, с. 37–43.
- [6] Данилюк А.Ю., Ревнивых С.Г., Тестоедов Н.А. ГЛОНАСС — стратегический ресурс России. *Сибирский аэрокосмический журнал*, 2013, т. 14, № 6, с. 17–23.
- [7] Гриценко А.А. О приоритетах в развитии спутниковых телекоммуникационных систем в России. *Инновации для построения цифрового будущего. XXIX Междунар. форума МАС' 2025: матер.* Москва, Государственный университет просвещения, 2025, с. 137–147.
- [8] Гайсин Д.И. Космические и спутниковые коммуникации. *Школа молодых новаторов. 6-я Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых: сб. ст.* Курск, ЗАО Университетская книга, 2025, с. 33–36.
- [9] Шуклина Ю.В., Андронов В.Г. Исследование и анализ эффективности глобальных навигационных спутниковых систем в современном мире и перспективы их развития. *Инфокоммуникации и космические технологии: состояние, проблемы и пути решения. VIII Всерос. науч.-практ. конф., посв. 60-летию Юго-Западного государственного университета: сб. ст.* Курск, Юго-Западный гос. ун-т, 2024, с. 125–130.
- [10] Новоселова Е.С. Современное состояние спутниковой сети связи. *Актуальные проблемы авиации и космонавтики. IX Междунар. науч.-практ. конф., посв. Дню космонавтики: сб. матер.* Красноярск, Сибирский гос. ун-т науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2023, с. 1444–1446.

**Поступила в редакцию 02.06.2025**

**Захаров Дмитрий Михайлович** — студент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Научный руководитель** — Васильева Татьяна Владимировна, старший преподаватель «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация. E-mail: vtv64@mail.ru

**Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:**

Захаров Д.М. Анализ многофункциональной системы связи и передачи данных с космическими аппаратами на низких круговых орбитах. *Политехнический молодежный журнал*, 2026, № 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arise/nateeu/1087.html>

## ANALYSIS OF A MULTIFUNCTIONAL COMMUNICATION AND DATA TRANSMISSION SYSTEM WITH SPACECRAFT IN LOW CIRCULAR ORBITS

**D.M. Zakharov**

dmitrii.zakharov.a@gmail.com

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation*

A unique analysis and development of the interaction infrastructure of the multifunctional communication system in terms of the space and ground communication complex has been carried out. Key elements of the system are examined, and the method of data transmission within the system is presented. It is shown that the MCDTS based on the “Gonets-M1” platform is in demand in various fields, including communication in regions with underdeveloped infrastructure, transportation, automated data collection from unattended environmental and industrial monitoring sensors, as well as ensuring communication in emergency situations. The analysis of the evolution of “Gonets” satellites made it possible to identify design changes in the new generation of “Gonets-M1” spacecraft.

**Keywords:** satellite communication, “Gonets-M1”, MCDTS (multifunctional communication and data transmission system with spacecraft in low circular orbits), GSM (Global System for Mobile), SC (spacecraft), energy efficiency, system, complex, communication station, subscriber terminal

---

*Received 02.06.2025*

**Zakharov D.M.** — student of Department of Rocket and Space Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Scientific advisor** — Vasilieva T.V., Senior Lecturer of Rocket and Space Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation. E-mail: vtv64@mail.ru

**Please cite this article in English as:**

Zakharov D.M. Analysis of a multifunctional communication and data transmission system with spacecraft in low circular orbits. *Politekhnicheskij molodezhnyy zhurnal*, 2026, no. 01 (102). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/arse/nateeu/1087.html>