

# ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ С ОБЪЕКТАМИ, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА ОРБИТЕ И ПОВЕРХНОСТИ ПЛАНЕТ ИЛИ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

*Пантелеймонов И.Н. Филатов В.В. Лебедев Ю.Е.*

**Принцип организации дальне й космической связи:**  
посадочный модуль (ПМ), находящийся на поверхности планеты или спутника планеты, осуществляет связь с земными станциями (ЗС) через искусственный спутник (ИС), представляющий собой планетарный спутник-ретранслятор (ПСР), выведенный на орбиту планеты или спутника планеты.

**Проблемы обеспечения высокоскоростной передачи информации с орбиты или поверхности плане или спутников планет солнечной системы:**

- отсутствие глобального покрытия радиопокрытия - передача данных возможна только когда объект находится на стороне планеты, обращенной к Земле
- для передачи данных необходимо развертывание зеркальных антенных систем большого диаметра
- низкая скорость передачи данных

# Недостатки современной системы дальней космической связи

- 1) связь объектов, расположенных на орбите и поверхности планеты или спутника планеты с ЗС возможна только когда ПСР находится на участке орбиты, обращенном к Земле;
- 2) связь объектов, расположенных на орбите и поверхности планеты или спутника планеты с ЗС возможна только когда ЗС, находится в полушарии, обращенном к планете или спутнику планеты;
- 3) связь СР с объектами, расположенных на орбите и поверхности планеты или спутника планеты, возможна только когда они находятся в зоне радиобзора (ЗРО) СР;
- 4) не позволяет применять оптические линии связи (ЛС) (наиболее эффективные с точки зрения энергетики линии связи и скорости передачи информации) для обеспечения дальней космической связи (для связи СР с Землей) из-за того, что оптический диапазон сильно зависит от состояния атмосферы.

В книге «Наземный комплекс управления дальними КА. Перспективы развития» (под редакцией Ю.М. Урличича, авторы Ватулин В.М., Ежов С.А., Круглов А.В., Молотов Е.П., издательство Радиотехника 2012г.) для ретрансляции информации от объекта, расположенными на орбите и поверхности планеты или спутника планеты предлагается:

- ❖ использовать в качестве ретрансляторов космические аппараты, выведенные в точки либрации L4 и L5;
- ❖ использовать в качестве ретрансляторов космические аппараты, выведенные на орбиту планеты или спутника планеты и соединенные межспутниковыми линиями связи (МЛС), что позволяет передавать информацию на ЗС от ПМ или ИС, не находящихся в ЗРВ ЗС.

# Недостатки указанных способов

- ✓ связь СР с ЗС возможна только когда ЗС, находится в полушарии, обращенном к планете или спутнику планеты;
- ✓ для организации связи СР с ЗС не целесообразно применять оптические ЛС для обеспечения дальней космической связи (для связи СР с Землей).

# Пути решения

- создание единой многоярусной (гибридной) системы связи;
- применение группировки планетарных спутников-ретрансляторов (ПСР), выведенных на полярные орбиты, для обеспечения глобального радиопокрытия изучаемой планеты или спутника планеты;
- применение оптического линий связи для межпланетной передачи информации;
- применение группировки геостационарных спутников-ретрансляторов (ГСР) для ретрансляции информации от НСР на земные станции (ЗС)
- создание малогабаритного терминального оборудования, обеспечивающего широколиственный доступ в любой точке орбиты и поверхности планеты или спутника планеты;
- применение и адаптация современных радиоинтерфейсов и сетевых протоколов.

# Цель работы

- ❖ создание околоземном пространстве спутниковой цифровой сети передачи данных на ГСР;
- ❖ создание в околопланетном пространстве спутниковой цифровой сети передачи данных на НСР;
- ❖ создание единой многоярусной системы связи

# Архитектура многоярусной системы связи

**1 ярус** – объекты, находящиеся на поверхности Земли: ЗС с ГСР;

**2 ярус** – КА, находящиеся на околоземной орбите: четыре ГСР, связанные между собой МЛС;

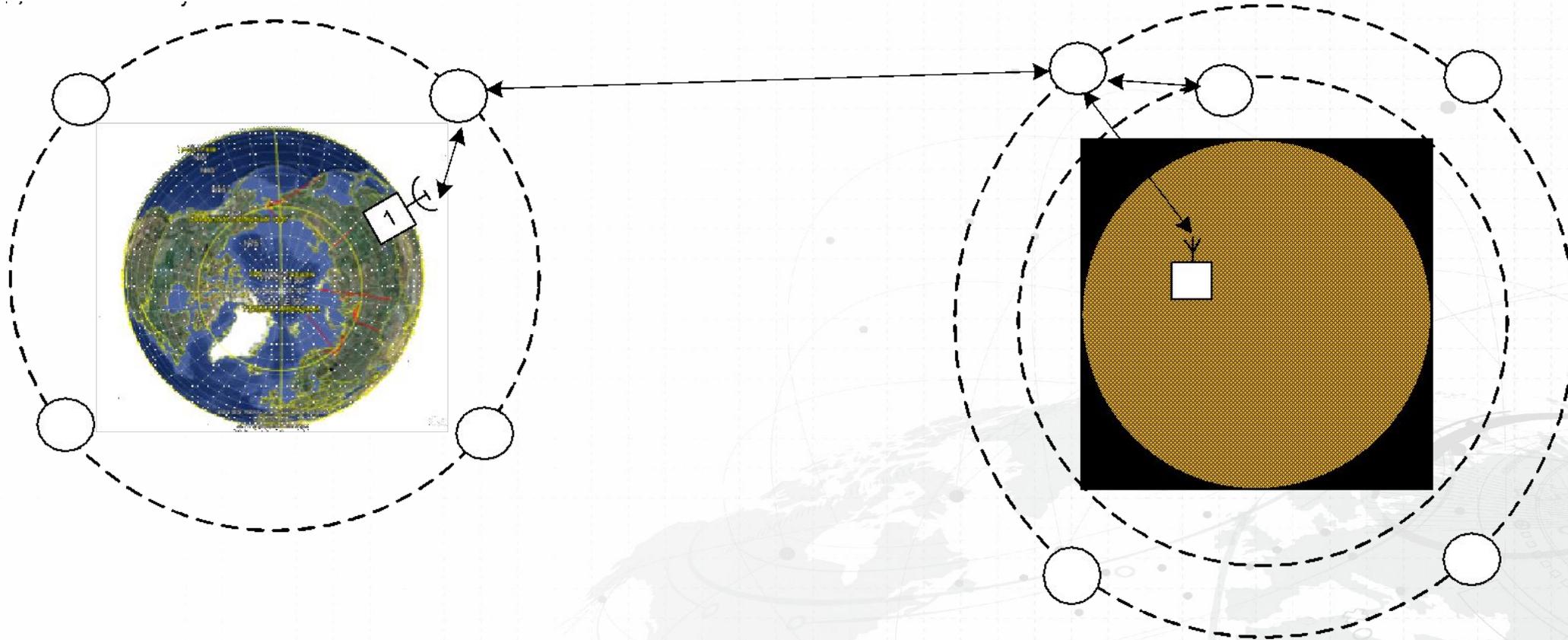
**3 ярус** – КА, находящимися на орбите планеты или спутника планеты: ПСР, связанные между собой МЛС;

*Примечание:* количество ПСР зависит от высоты орбиты, диаметра планеты или спутника планеты и заданным углом места потребителя (радиогоризонта).

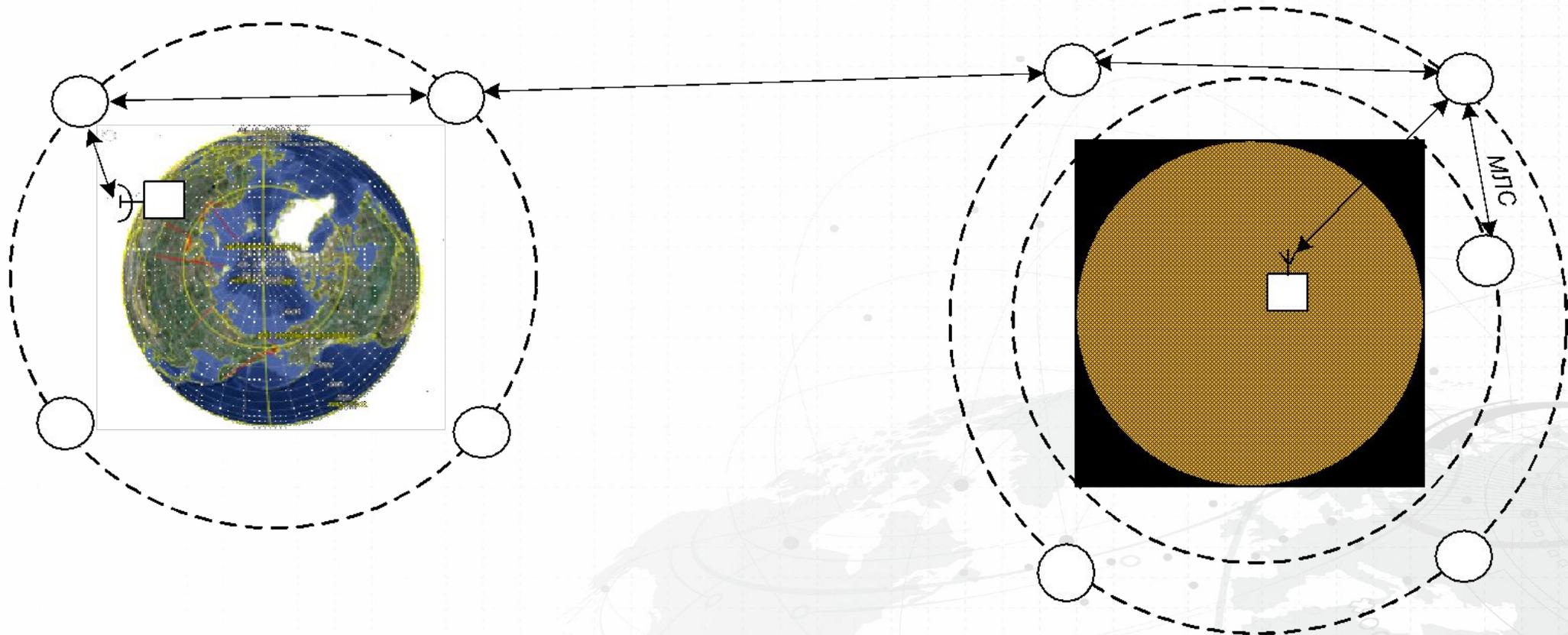
**4 ярус** – объекты, находящиеся на орбитах планеты или спутника планеты: орбитальные станции (ОС), космические корабли (КК), транспортные корабли (ТК) и КА другого назначения;

**5 ярус** – объекты, находящиеся на поверхности планеты или спутника планеты: ПМ, планетарные станции (ПС), базовые станции (БС) сети подвижной связи (СПС), скафандр космонавта (СК) и роботизируемые устройства (РУ), беспилотные подвижные средства (БППС) и пилотируемые подвижные средства (ППС).

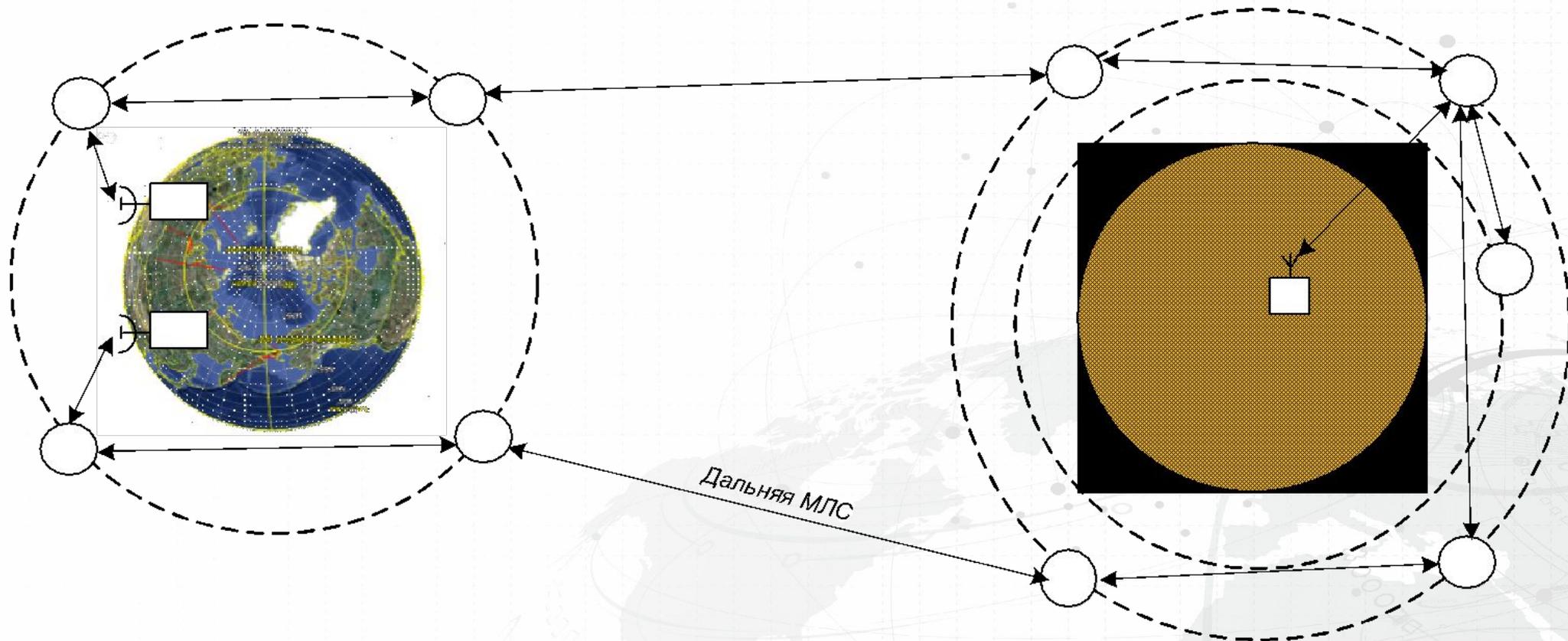
**Схема организации связи между объектами, находящимися на поверхности и орбите планеты или спутника планеты и ЗС в случаях, когда эти объекты находятся в ЗРВ ПСР, установившего связь с ГСР и когда ЗС, находится в ЗРВ этого ГСР**



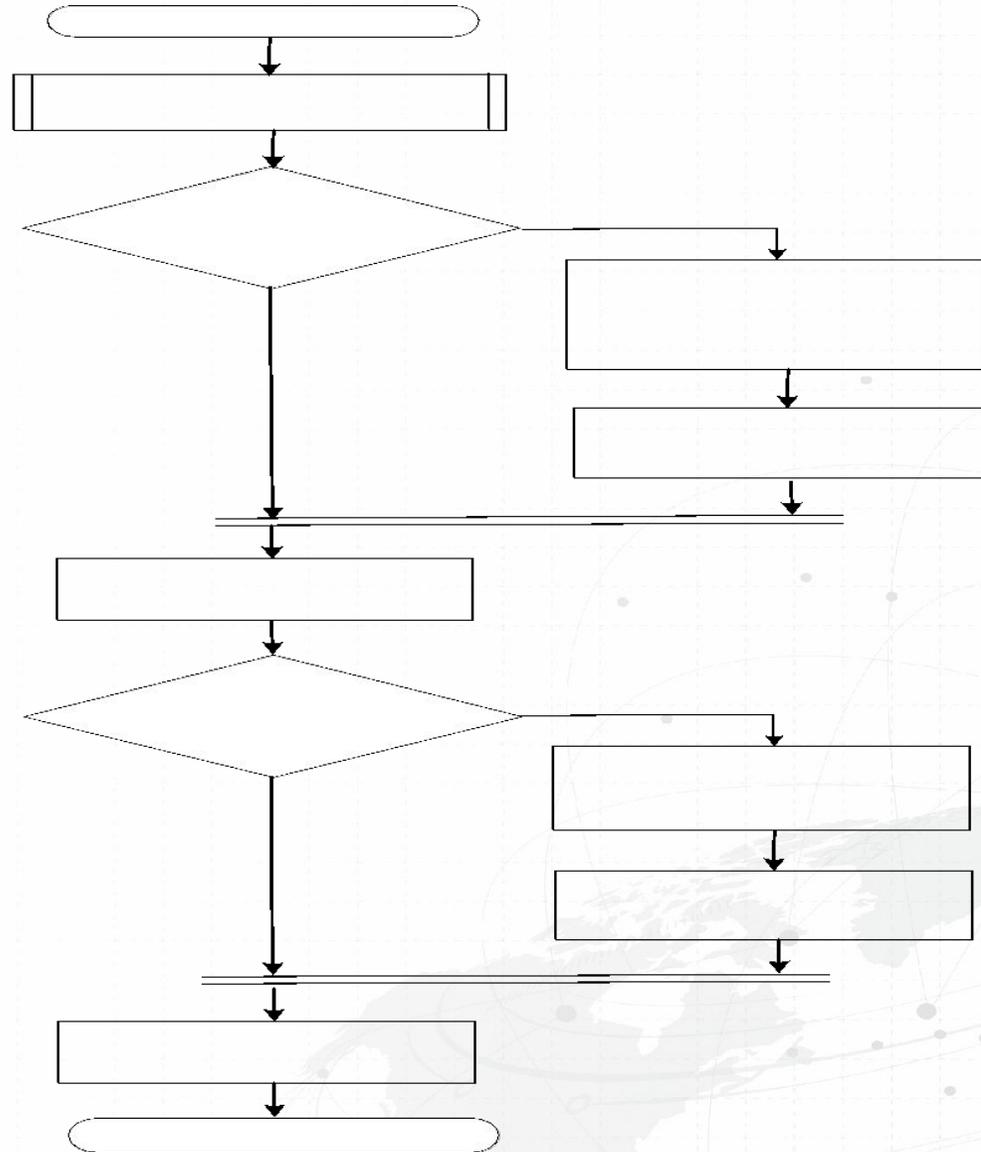
**Схема организации связи между объектами, находящимися на поверхности и орбите планеты или спутника планеты и ЗС в случаях, когда эти объекты не находятся в ЗРВ ПСР, установившего связь с ГСР и когда ЗС, не находится в ЗРВ этого ГСР**



**Схема организации связи с применением  
многопутевой маршрутизации потоков  
информации между объектами, находящимися  
на поверхности и орбите планеты или  
спутника планеты и ЗС в случаях, когда эти  
объекты не находятся в ЗРВ ПСР,  
установившего связь с ГСР и когда ЗС,  
не находится в ЗРВ этого ГСР**



# Алгоритм установления связи абонента, находящегося на орбите или поверхности планеты или спутника планеты, с ЗС



Для высокоскоростной связи в радиодиапазоне целесообразно применять остронаправленные следящие антенные системы, например:

- для связи ЗС и ГСР;
- для связи ПСР с ОС, ПМ или БС СПС.

Для низкоскоростной связи в радиодиапазоне целесообразно применять малонаправленные или всенаправленные антенные системы, например:

- для связи ПСР с КА, КК и ТК;
- для связи ПСР с СК и РУ, ППС и БППС;
- для связи БС СПС с СК и РУ, ППС и БППС.

## Преимущества – позволит:

- 1) уменьшить в 4 раза вес бортовой ППА;
  - 2) уменьшить габариты бортовой ППА;
  - 3) уменьшить потребляемую и излучаемую мощность;
  - 4) увеличить скорость передачи информации.
- Например, в линии связи от ГСР до ПСР, находящихся на орбите Луны технически реализуема скорость передачи информации до 100 Мбит/с.

## Баллистические расчеты ЛНСС при угле радиогоризонта равным 20°

Название параметра	Ед. изм.	Значение параметра				
		5 000	8 000	10 000	16 000	20 000
Высота орбиты	км	5 000	8 000	10 000	16 000	20 000
Радиус-вектор орбиты	км	6 737	9 737	11 737	17 737	21 737
Максимальная наклонная дальность ло КА	км	7 754	11 995	14 819	23 288	28 933
Угол радиообзора (РО) в вершине угла КА, при	град.	25,81	17,78	14,73	9,73	7,94
Угол радиообзора между радиусами Земли (Угловой диаметр радиообзора)	град.	114,19	122,22	125,27	130,27	132,06
Диаметр зоны радиообзора	км	3 462,9	3 706,5	3 798,9	3 950,4	4 004,8
Количество орбитальных плоскостей (ОП)	шт.	2	2	2	2	2
Количество КА в ОП	шт.	3	3	3	3	3
Количество КА в орбитальной группировке (ОГ)	шт.	6	6	6	6	6

Комплексное использование технологий ретрансляции, много путевой маршрутизации и передачи информации в оптическом диапазоне позволит создать современную систему передачи информации и управления объектами дальнего космоса, обладающую следующими преимуществами:

- непрерывность связи и оперативность доведения управляющей информации до объектов управления;
- высокая надежность работы системы связи и управления;
- относительно высокая скорость передачи информации в канале дальней космической связи.

# Об авторах

**Пантелеймонов Игорь Николаевич** – главный специалист центра спутниковых систем связи АО «РКС», Заслуженный испытатель космической техники, автор 6 изобретений, обладатель золотой медали XXII Московского международного салона изобретений и инновационной деятельности «Архимед-2019», автор 5 заявок на изобретения и 20 рацпредложений, автор 150 печатных листов в научно-технических изданиях, трудовой стаж 37 лет, стаж работы в системе управления полетами КА 23 года, стаж работы в области проектирования сетей и комплексов 14 лет, опыт разработки, эксплуатации и ремонта радиоэлектронных устройств.

**Филатов Владимир Витальевич** – главный специалист службы управления проектами и инновационной деятельности АО «НПК «СПП», награжден медалями Федерации космонавтики России: «им. Королева С.П.», «им. Гагарина. Ю.А.», «За заслуги», автор 2 заявки на изобретения, автор 1 публикации в научно-технических изданиях, автор 1 публикации в военно-политических изданиях

**Лебедев Юрий Евгеньевич** – начальник группы АО «РКС», Заслуженный испытатель космической техники, ветеран труда РНИИ КП, ветеран труда РФ, награжден медалями Федерации космонавтики России: «им. Королева С.П.», «им. Гагарина. Ю.А.», «им. Рязанского М.С.», автор 1 заявки на изобретение, автор 2 публикаций в научно-технических изданиях, стаж работы в системе управления полетами КА 40 лет, разработчик и руководитель создания аппаратно-программных средств КИС пилотируемых программ и программ дальнего космоса

Спасибо за внимание

