



ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИЕЙ НА ВЫСОКОШИРОТНОЙ ОРБИТЕ

В.А. Соловьев, генеральный конструктор по пилотируемым
космическим системам и комплексам, академик РАН

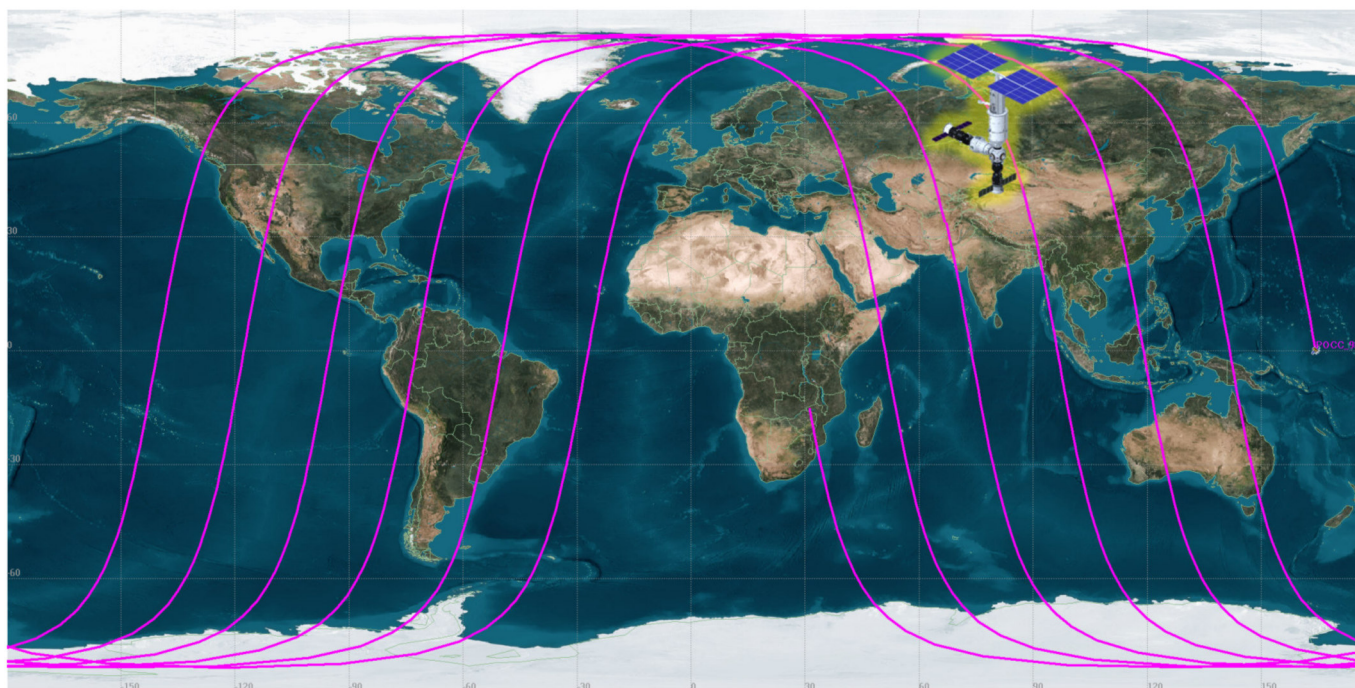


ВСПУ-2024
17 июня 2024

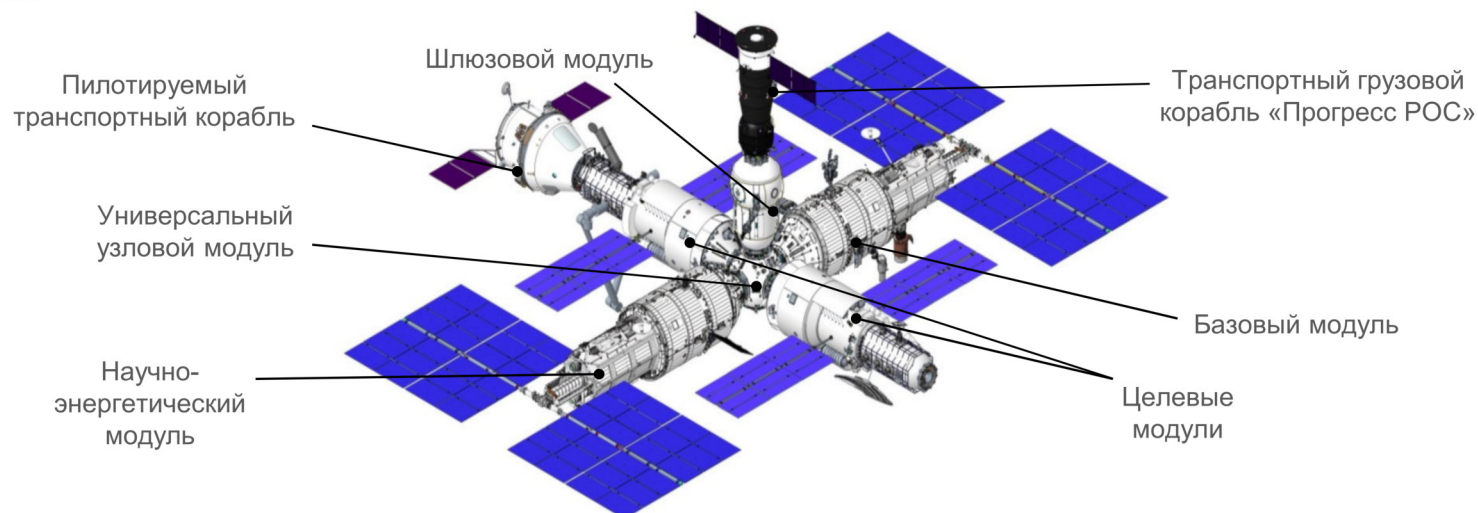
- **Обеспечение максимальных возможностей по наблюдению всей территории Российской Федерации, включая высокоширотные районы Земли.**
- **Необходимость начала исследований с участием человека в районах Земли с наименьшей защищенностью от космических излучений, где наиболее явно проявляются все воздействия открытого космического пространства (приполярные районы). Это необходимо для более полного понимания проблем, с которыми могут встретиться будущие пилотируемые межпланетные экспедиции.**
- **Управление полётом облака малых автоматических КА и свободно летающих модулей орбитальной станции.**
- **Обслуживание, запуск АКА с борта орбитальной станции.**

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ НА ОРБИТЕ С БОЛЬШИМ НАКЛОНЕНИЕМ

- Существующее наклонение орбита 51.7° обеспечивает обзор территории Российской Федерации на 20%
- Выбор наклонения 97° и высоты орбиты ~ 300 - 350 км обеспечивают:
 - полный обзор Земли с постоянным полным контролем приполярных районов
 - использование российских космодромов и наземных измерительных пунктов
 - посадку кораблей на территорию РФ



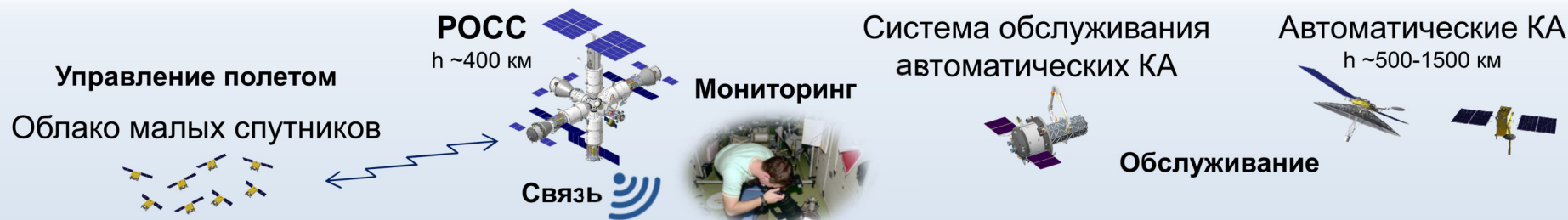
ОРБИТАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС РОС



Объемы гермоотсеков	387 м ³
Объемы для целевого оборудования	до 31 м ³
Электроэнергия для целевого оборудования	до 54 кВт
Количество внешних рабочих мест, оснащенных всеми необходимыми интерфейсами	39
Количества топлива для ДУ	до 9100 кг
Обмен с целевой нагрузкой	до 2 Гбит/с
Экипаж	2 (4) чел
Кораблей посещения в год (пилотируемых / грузовых)	1-2 / 1-3
Наклонение орбиты	≈97°

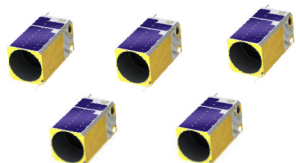
ВОЗМОЖЕН ПРИЕМ И ОБСЛУЖИВАНИЕ В СОСТАВЕ ОК РОС СВОБОДНОЛЕТАЮЩЕГО МОДУЛЯ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТАНЦИИ



Систематический контроль полярной области за счет повторяющихся через каждые 1.5 часа прохождений трассы вокруг Северного Полюса (параллель 83°)

Задача запуска МКА с РОС



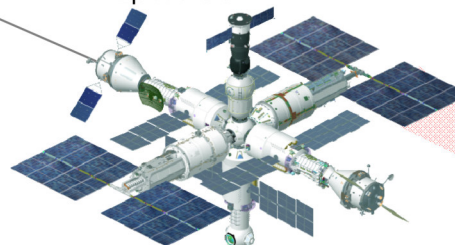
Оперативное развертывание группировки находящийся в высокой степени готовности с применением орбитального буксира

Задача обслуживания КА различного назначения

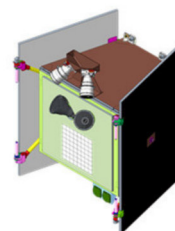
Развертывание ОГ МКА
Транспортирование КА для ремонта и дозаправки
Продление срока существования ключевых аппаратов
КА буксир



Управление взаимодействием космических аппаратов
ЦУП РОС



Внешний осмотр элементов РОС
Обнаружение и осмотр сближающихся объектов
КА внешнего наблюдения



Отработка сменной целевой аппаратуры с последующим возвращением на станцию
Унифицированная платформа

Задача отработки оборудования

ТРАДИЦИОННАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМ ПОЛЁТОМ



Космический полёт:

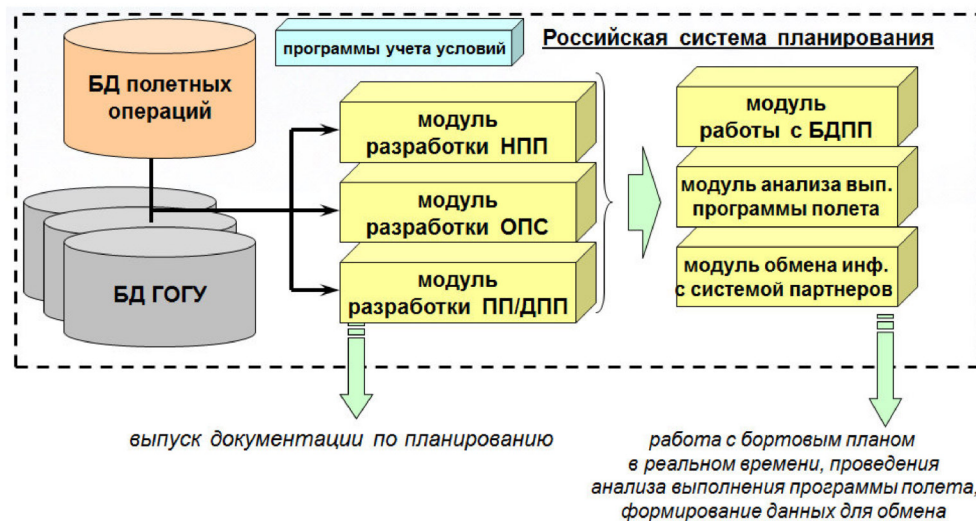
- Управляемое перемещение ц.м. КА в пространстве по заданной траектории, движение КА вокруг ц.м.
- Выполнение полетных операций.

Примеры полётных операций:

- Выведение с Земли на промежуточную орбиту;
- Переход на рабочую орбиту;
- Причаливание и стыковка КА;
- Выход космонавтов в открытый космос;
- и т.д.

ПРЕИМУЩЕСТВЕННОСТЬ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ РС МКС И РОС (ПЛАНИРОВАНИЕ)

- Иерархия уровней планирования, временные интервалы уровней планирования;
- Методы исполнительского планирования;
- Автоматизированная система планирования.



Стратегическое планирование: формирование целей полета

План-задание на 5 лет

Тактическое планирование: формирование целей полета, распределение ресурсов между компонентами целей, основные правила и ограничения

График пусков транспортных и грузовых кораблей

Распределение ресурсов

Баллистические расчеты

Программа научно-прикладных исследований

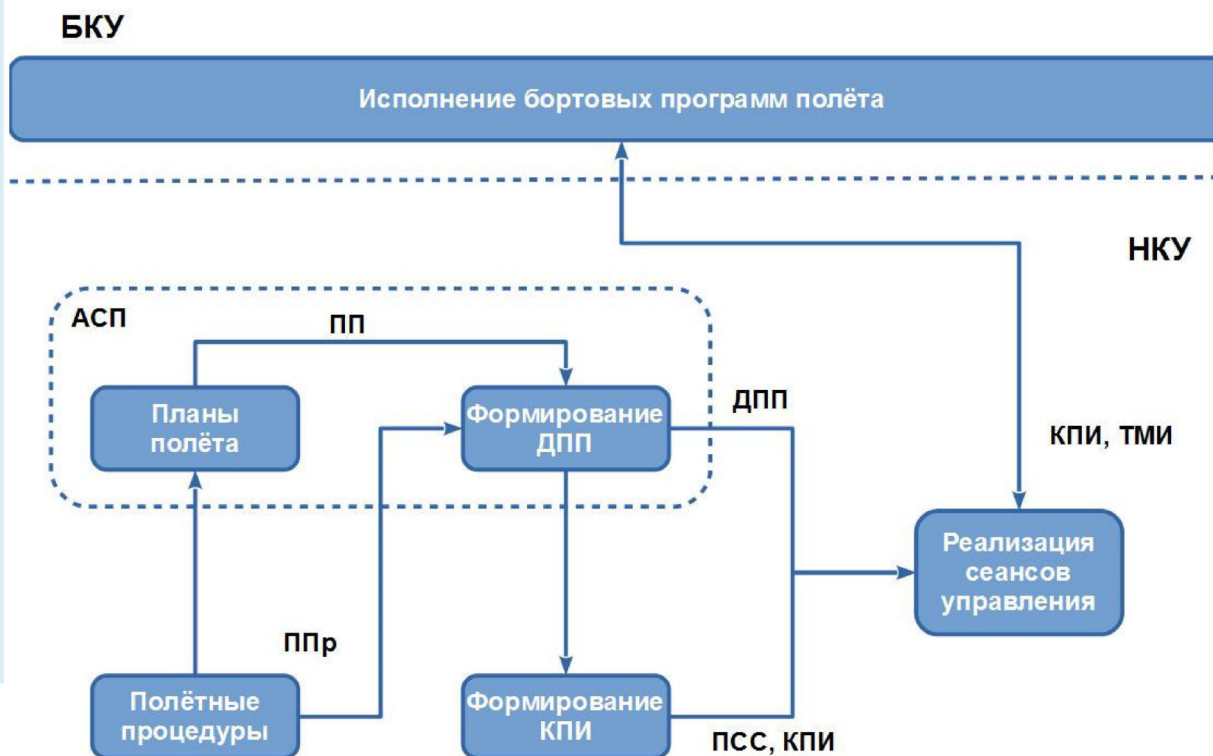
Программа полета на 1 год

Исполнительное планирование: определение последовательности и методов выполнения операций, приводящих к достижению заданной цели полета



ПРЕИМУЩЕСТВЕННОСТЬ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ РС МКС И РОС (РЕАЛИЗАЦИЯ ПОЛЁТНЫХ ОПЕРАЦИЙ)

- Методы детального планирования полётных операций на основе формализованных описаний полётных операций – формализованных полётных процедур;
- Разработка массивов командно-программной информации на основе цифрового ДПП и формализованных полётных процедур.



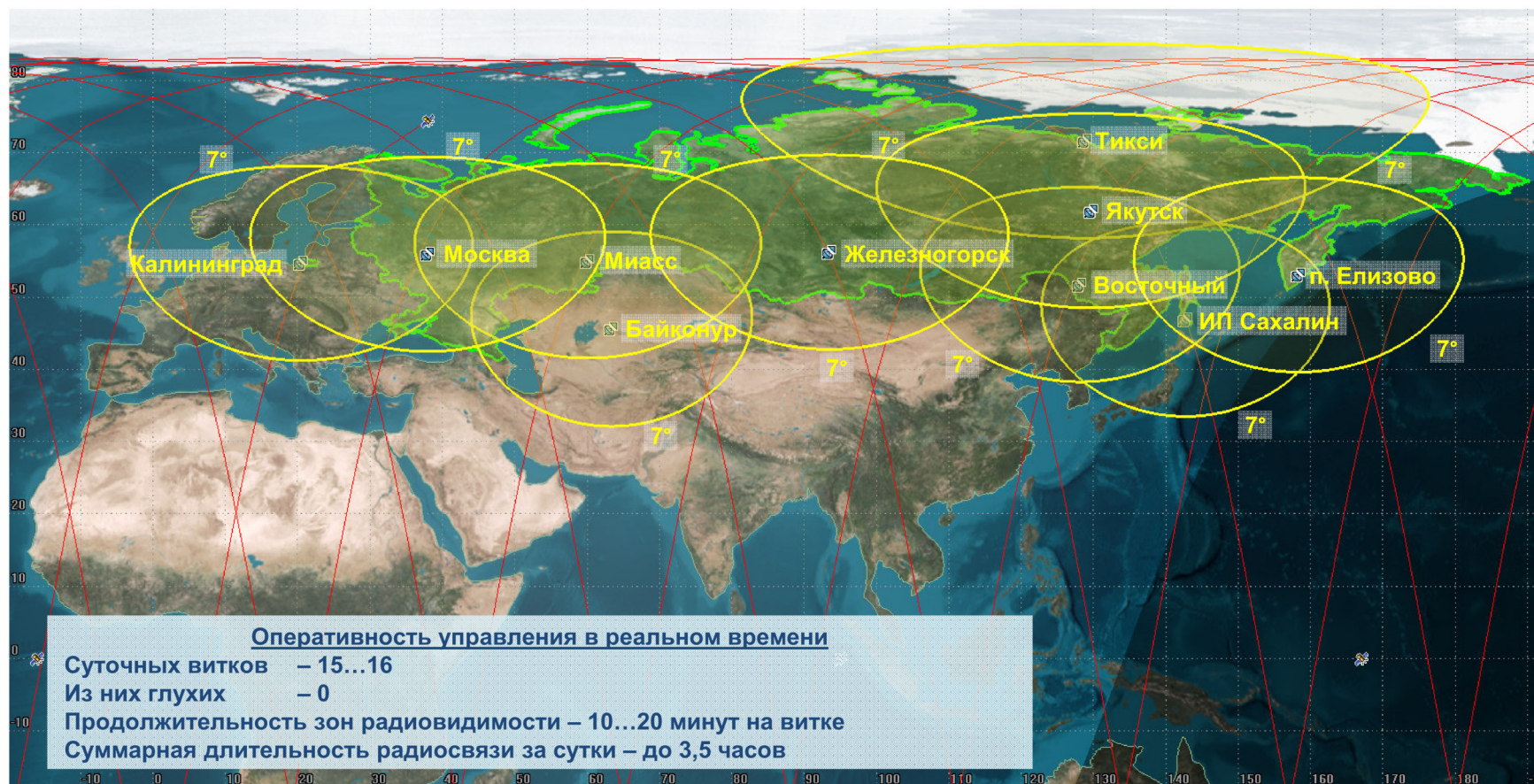
ОСОБЕННОСТИ РОС КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ (БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ)

- Наличие зон радиовидимости наземных КИП на всех витках (нет зон глухих витков).
- Короткие зоны радиовидимости наземных КИП ($\approx 10 \dots 20$ мин на витке).
- Непрерывная связь через спутники-ретрансляторы ($\sim 85-90\%$ витка).

Указанные ограничения могут быть полностью или частично сняты за счет следующих решений:

- Использование *широкополосной системы связи* с наводимой бортовой антенной системой через МКСР «Луч» для обмена всеми видами информации (включая командно-программное управление). Связь с любым элементом ОК РОС может осуществляться через *единый канал*.
- Командно-программное управление полётом обеспечивать с использованием *методов отложенного управления* (программно-временное управление, координатно-временное управление). Методы нашли широкое применение в процессе управления полётом РС МКС.

ЗОНЫ РАДИОВИДИМОСТИ НАЗЕМНЫХ СРЕДСТВ НКУ РОС





Оперативность управления в реальном времени

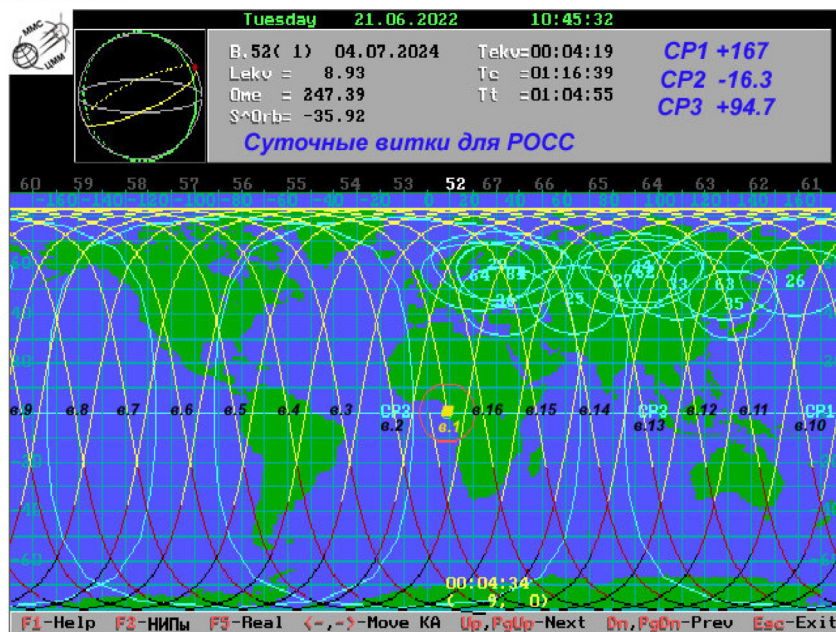
Суточных витков – 16

Из них глухих – 0

Продолжительность зон радиовидимости – 10...22 минут на витке

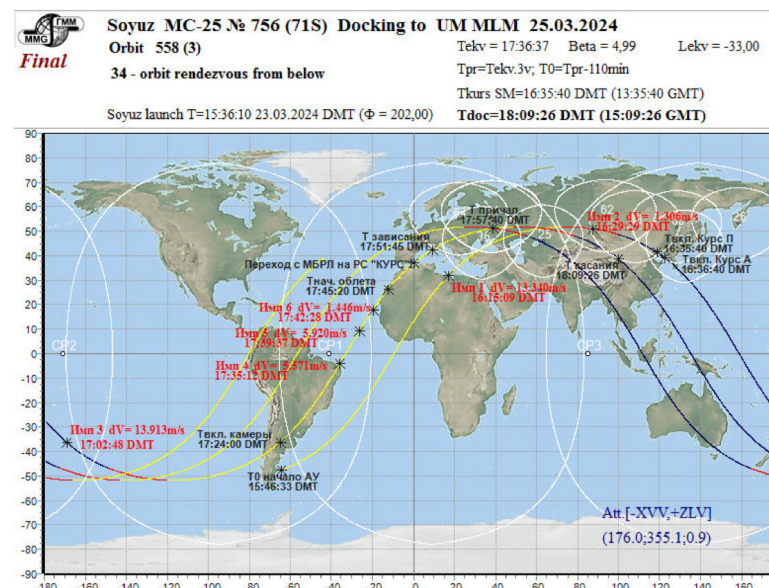
Суммарная длительность радиосвязи за сутки – до 3,5 часов

ОПЕРАТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ



РОС

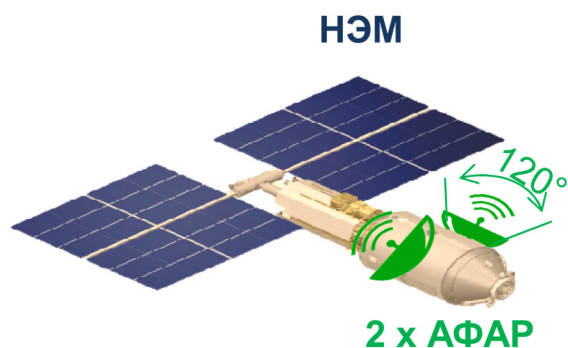
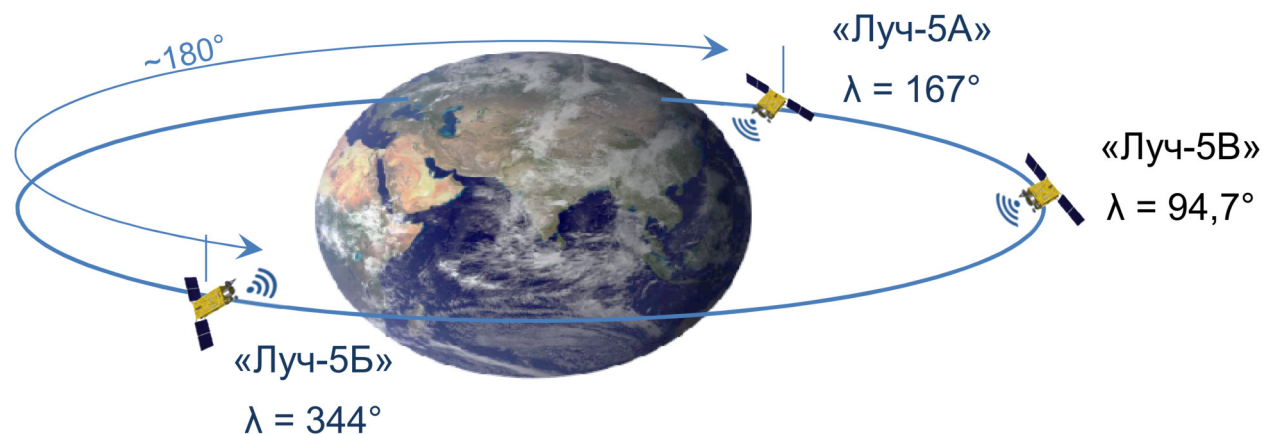
Суточных витков – 16
 Из них глухих – 0
 Продолжительность зон радиовидимости – 5...20 мин
 Время связи за сутки – до 3.5 час



РС МКС

Суточных витков – 16
 Из них глухих – 8
 Продолжительность зон радиовидимости – 10...27 мин
 Время связи за сутки – до 2,5 ч

УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЁТОМ ДОСТУПНОСТЬ СПУТНИКОВ-РЕТРАНСЛЯТОРОВ



Состав спутникового контура	Суммарная длительность связи	Разрывы связи
СР-167 + СР-344	до 16 часов/сутки	до 35 минут
СР-167 + СР-344 + СР-95	до 22 часов/сутки	до 15 минут

- Время выдачи разовых и числовых команд, временных и параметрических уставок рассчитывается в НКУ в виде бортовой программы полёта (БПП) и закладываются в БКУ по КРЛ в зоне радиовидимости НКУ или МКСР.
- Все управляющие воздействия формируются БКУ как заданная функция времени в соответствии с БПП (**выдача команд по временным условиям**).
- Требуется своевременной разработки и выдачи в БКУ БПП, содержащих временные интервалы и режимы работы бортовых систем.
- Период исполнения БПП определяется объемом памяти БВС и задачами целевого использования КА, в т.ч., длительностью интервала детального планирования и реализации.

Программно-временное управление

$$\vec{U} = f(t)$$

$\vec{U}$ - вектор управляющих воздействий
 t - время

- Является расширением программно-временного метода управления: **команды выдаются** не только **по временным**, но и **по логическим условиям**.
- Управляющие команды формируются как функция не только времени t , но и измеряемых и прогнозируемых параметров текущего состояния КА ($\vec{X}$), значений исходных данных или заданных параметров ($\vec{P}$), необходимых для выполнения целевых функций КА.
- Характеризуется высокими показателями по автономности, оперативности и точности управления.
- Обеспечивается благодаря развитым средствам бортовых измерений, вычислительных возможностей БВС, автономной обработки ТМИ.

Координатно-временное управление

$$\vec{U} = f(\vec{X}, \vec{P}, t)$$

$\vec{U}$ - вектор управляющих воздействий
 $\vec{X}$ - вектор состояния объекта управления
 $\vec{P}$ - вектор заданных параметров
 t - время

ОСОБЕННОСТИ РОС КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ (ПРОГРАММА ПОЛЁТА)

- **Полный объем служебных операций**, включая операции дооснащения, ремонтно-восстановительные работы **на участках пилотируемого полёта**;
- **Сокращенный объем полетных операций на беспилотных участках** программы полёта;
- Невозможность проведения оперативных ремонтно-восстановительных работ на беспилотных участках программы полёта;
- Необходимость регулярного периодического выполнения консервации и расконсервации станции;
- Стыковки с беспилотной станцией (пилотируемых и грузовых транспортных кораблей);
- Управлением полетом при выполнении совместных операция с транспортными кораблями трех типов (ТПК «Союз», ТГК «Прогресс», ТПК «Орел»);
- Длительный период одновременного полёта РОС и РС МКС (≈ 3 года).

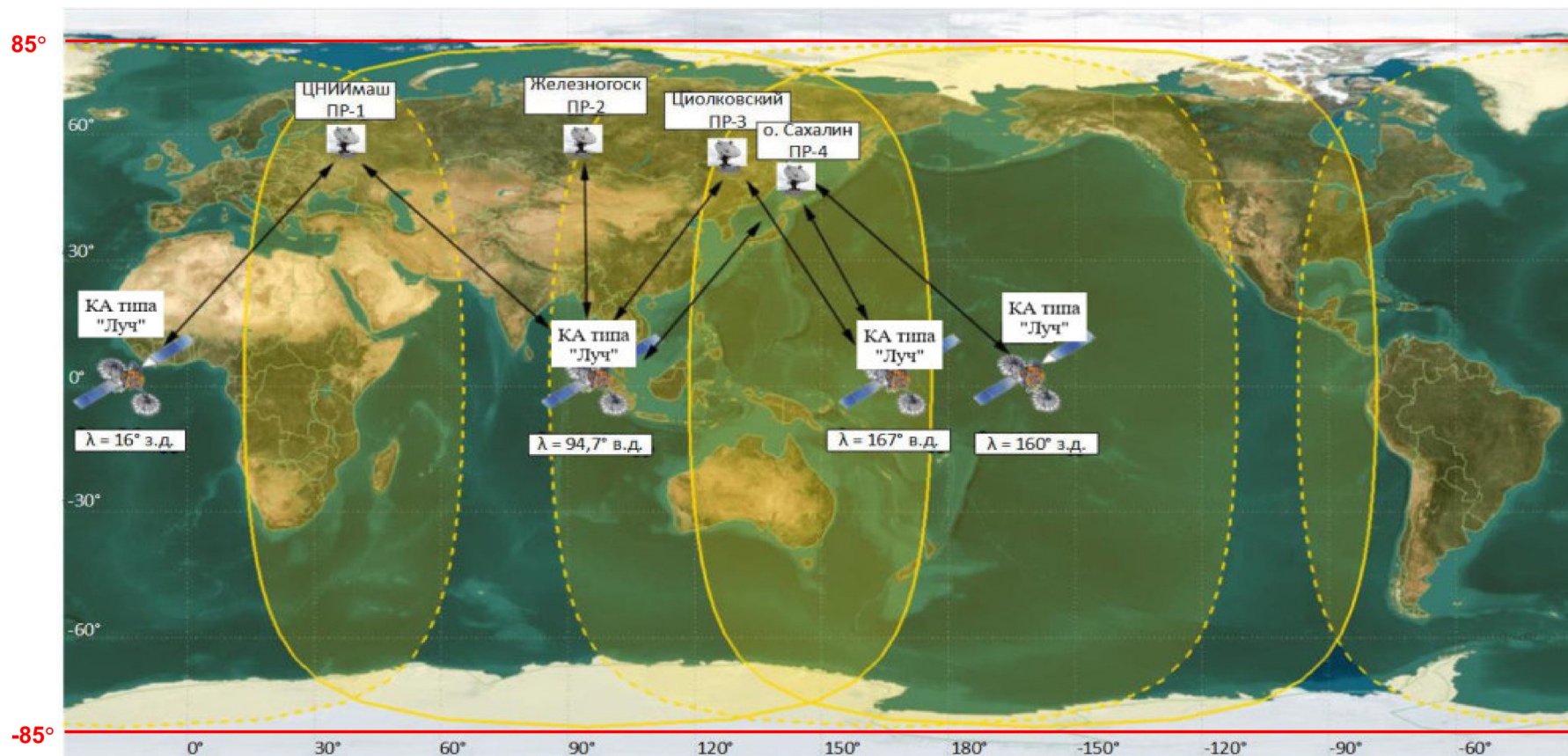
Новые операции

- Инспекция автоматических КА,
- Техническое обслуживание автоматических КА,
- Запуск автоматических КА,
- Стыковки/расстыковки автоматических КА;
- Управление полётом облака малых автоматических КА

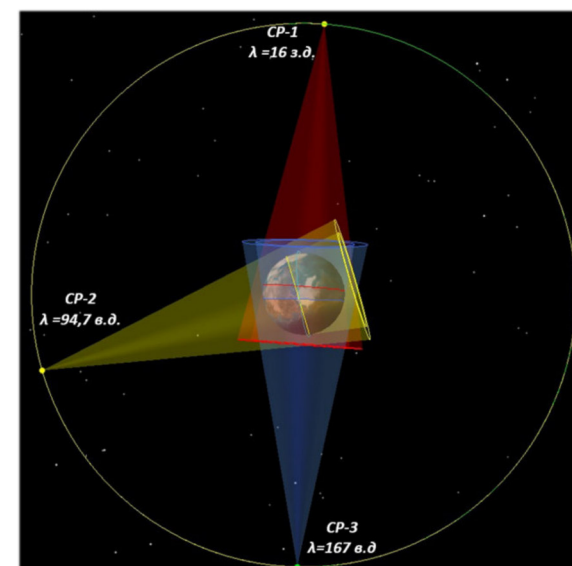
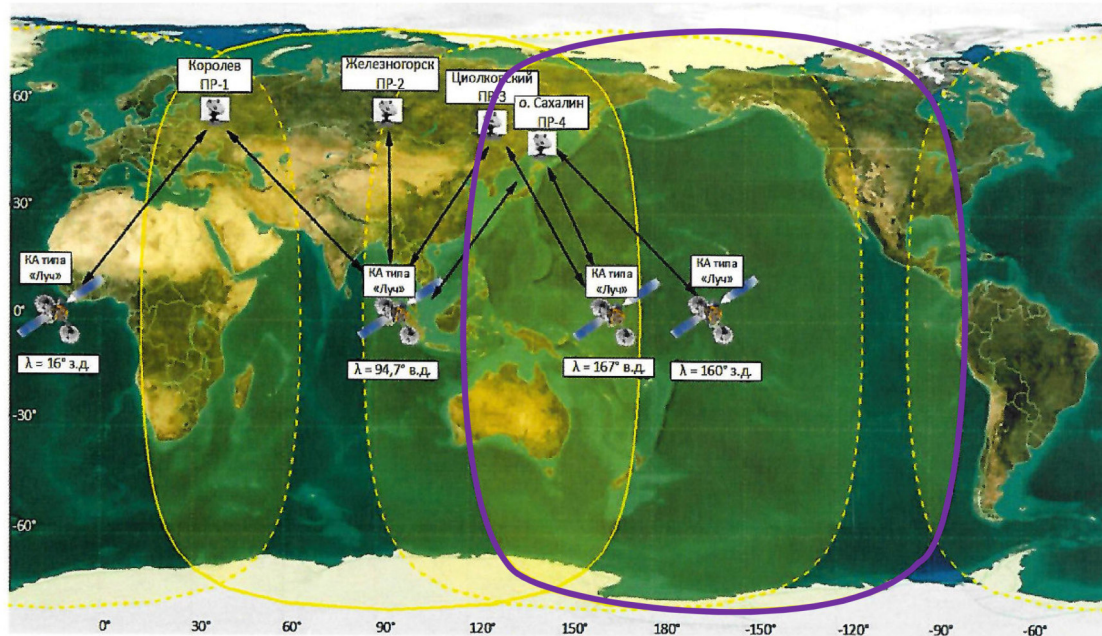
- **Инспекция автоматических КА**
 - **Хранение и техническое обслуживание КА-инспектора на борту ОС**
 - **Подготовка КА-инспектора к запуску (расконсервация) по запросу**
 - **Планирование целевой миссии КА-инспектора**
 - **Запуск и управление полётом КА-инспектора (оперативное планирование, реализация полётных операций, контроль полёта)**
 - **Сстыковка КА-инспектора с ОС, консервация, хранение**
- **Техническое обслуживание автоматических КА,**
- **Запуск автоматических КА,**
- **Сстыковки/расстыковки автоматических КА;**
- **Управление полётом облака малых автоматических КА**

ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ МКСР «ЛУЧ»

85°



ЗОНЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ МКСП «ЛУЧ»



Использование спутникового (ретрансляционного) контура управления на базе МКСП «Луч» в качестве основного позволяет обеспечить окологлобальную (до 90%) видимость РОС в орбитальном полете при использовании трех спутников-ретрансляторов. Прорабатывается возможность расширения группировки спутников до четырех для обеспечения непрерывной связи на всем протяжении орбитального полета.

ВЫВОДЫ

- Размещение РОС на орбите с наклоном 96.7° обеспечивает решение всех задач, которые в настоящее время решает РС МКС на орбите с наклоном 51.7°
- Дополнительно предоставляются возможности для решения задач, часть из которых нельзя решить на орбите МКС:
 - Наблюдение, исследование всей территории РФ, а так же, приполярных районов.
 - Обслуживание автоматических КА (на околополярных орбитах размещены до 60% АКА).
 - Исследование с участием человека условий воздействия открытого космического пространства на человека и технику в районах Земли с наименьшей защищенностью от космических излучений (приполярные районы).
 - Управление полётом облака малых АКА и свободно летающих модулей орбитальной станции на орбитах, максимально востребованных для решения прикладных задач, включая обслуживание, хранение и запуск АКА с борта орбитальной станции.