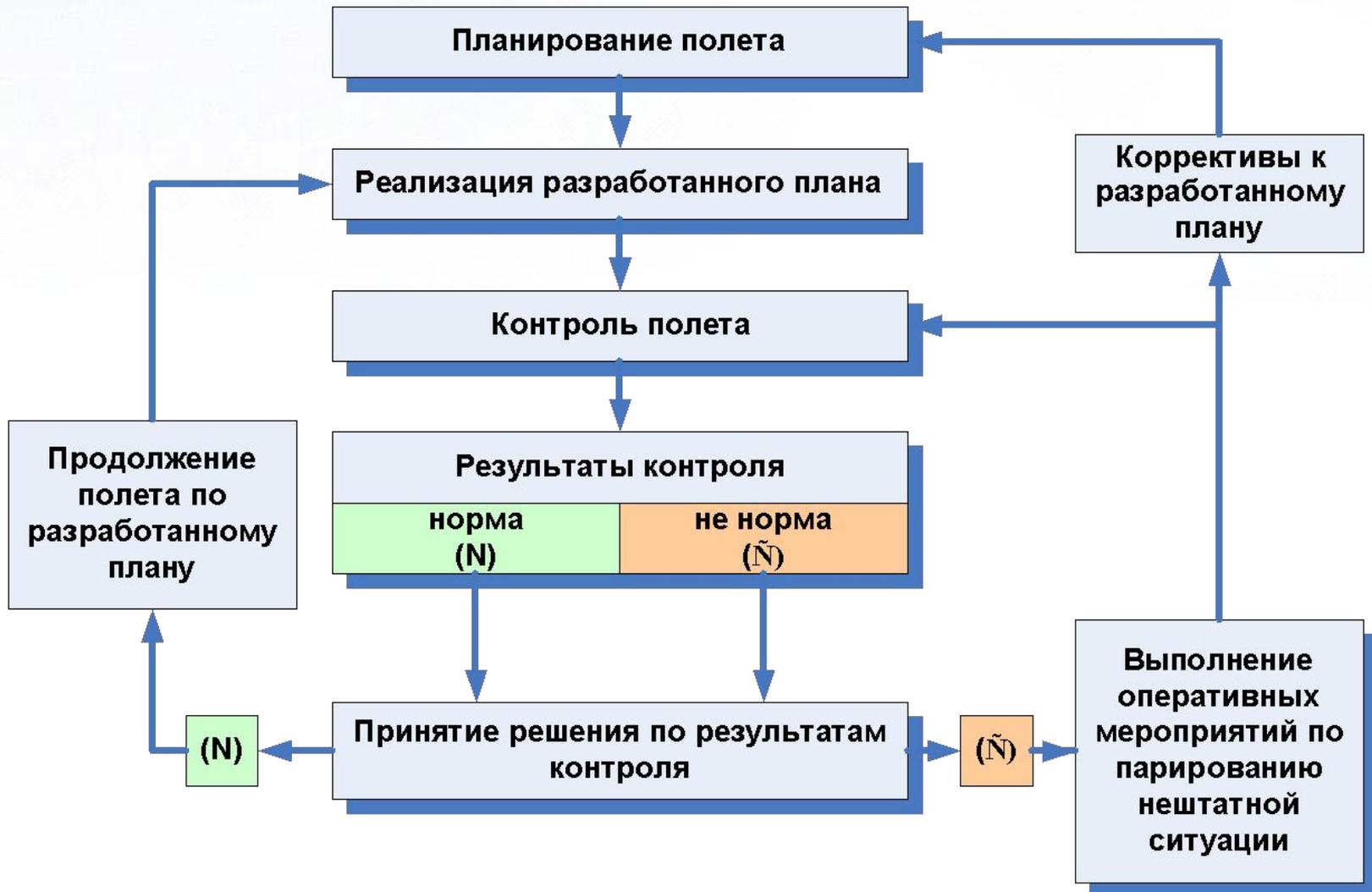


Полеты в космос. Оперативное управление космическими аппаратами

Профессор
Соловьёв

В.А.

Управление полетом КА



Планирование космических полетов

Планирование — оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленных целей, деятельность человека или организаций (совокупность процессов), связанных с постановкой целей (задач) и действий в будущем.

С точки зрения математики планирование это функция одним из аргументов которой является время.

Особенности планирования полета современных КА

Космические аппараты для транспортных операций



Космические станции длительного существования



Индукция подразумевает научное познание объекта и приход к умозаключению от частного к общему, где на основе данных о какой-либо части объекта познания можно сделать вывод о группе явлений в целом.

Дедукция, наоборот, приводит исследователя от познаний общего к изучению составляющих, то есть - частного.

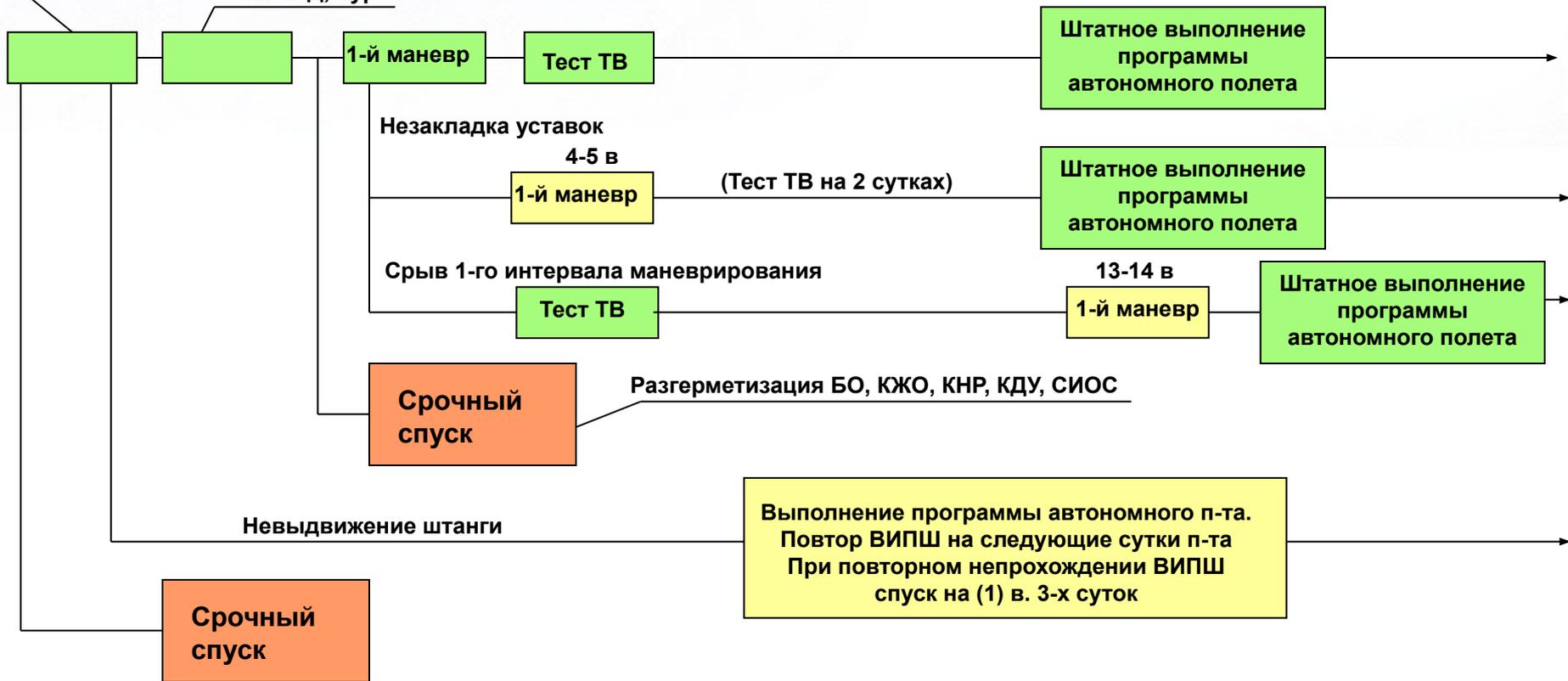
Схема переносов динамических операций при управлении полетом транспортными кораблями

Суточные витки



Выведение, ВИПШ

Тесты СУД, Курса

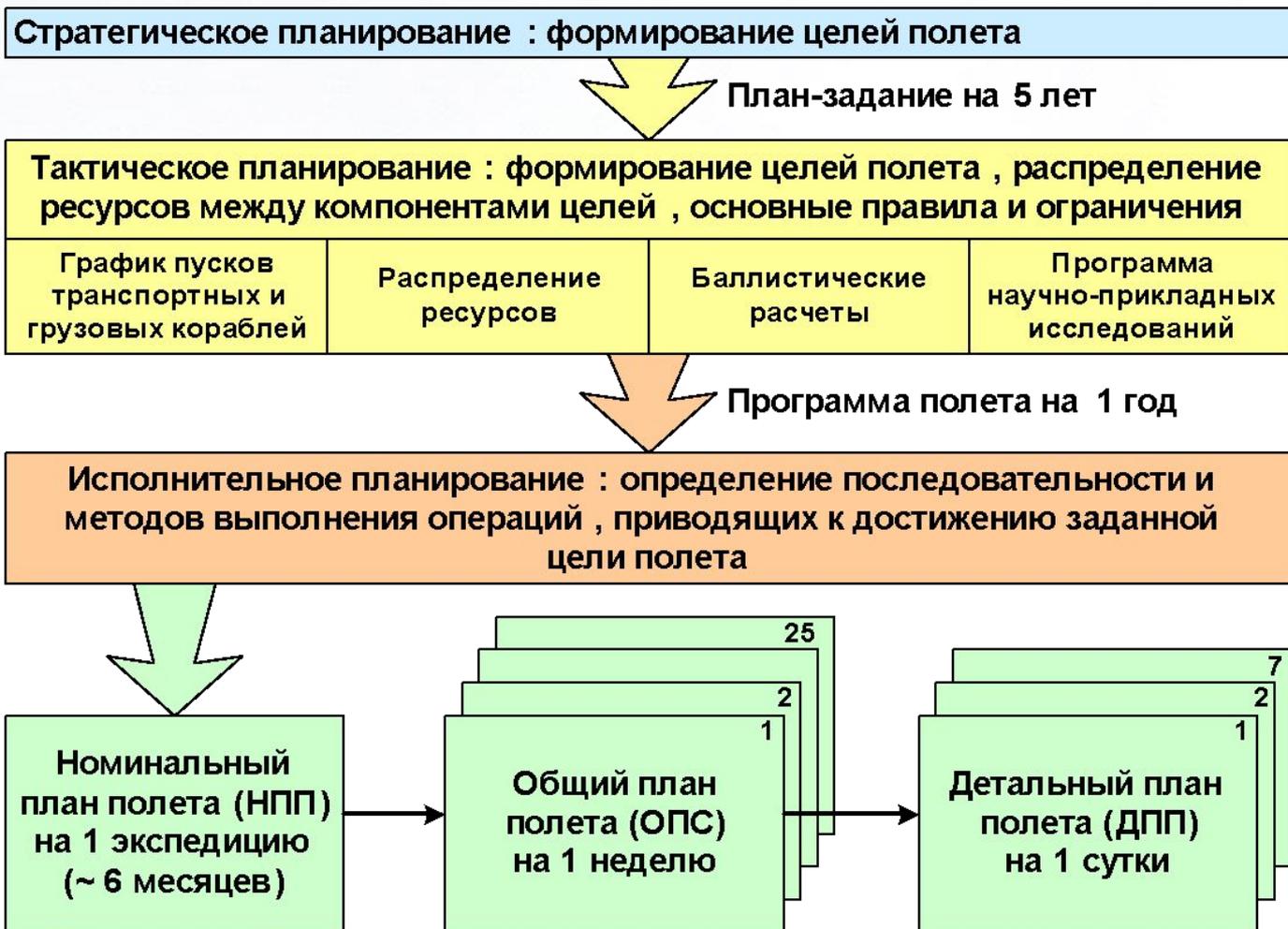


Разгерметизация БО, КЖО, КНР, КДУ, СИОС

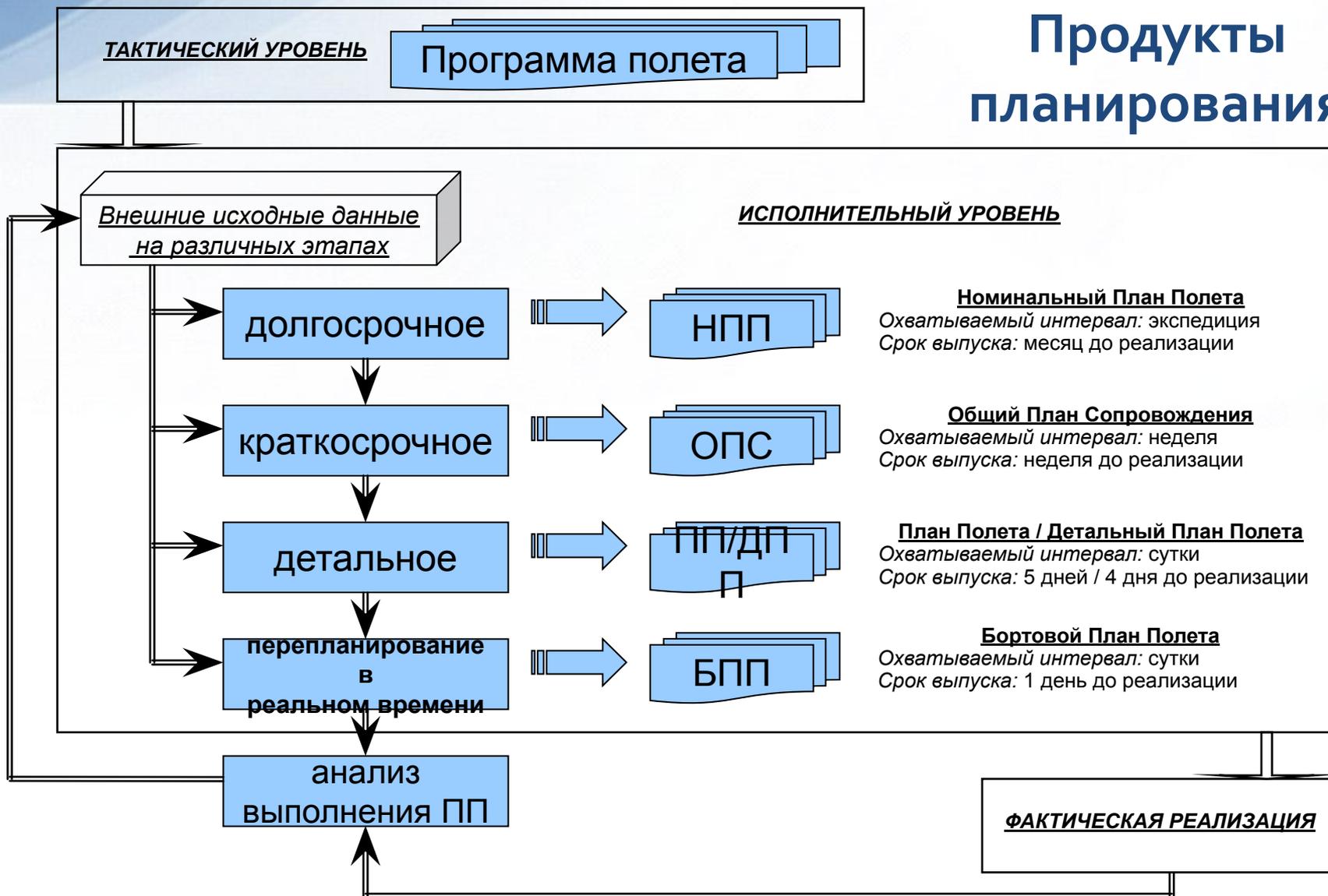
Невыдвижение штанги

Разгерметизация СА, ПО, СПГС с течью в СА, пожар в СА

Иерархия уровней планирования полета



Продукты планирования



Предмет планирования

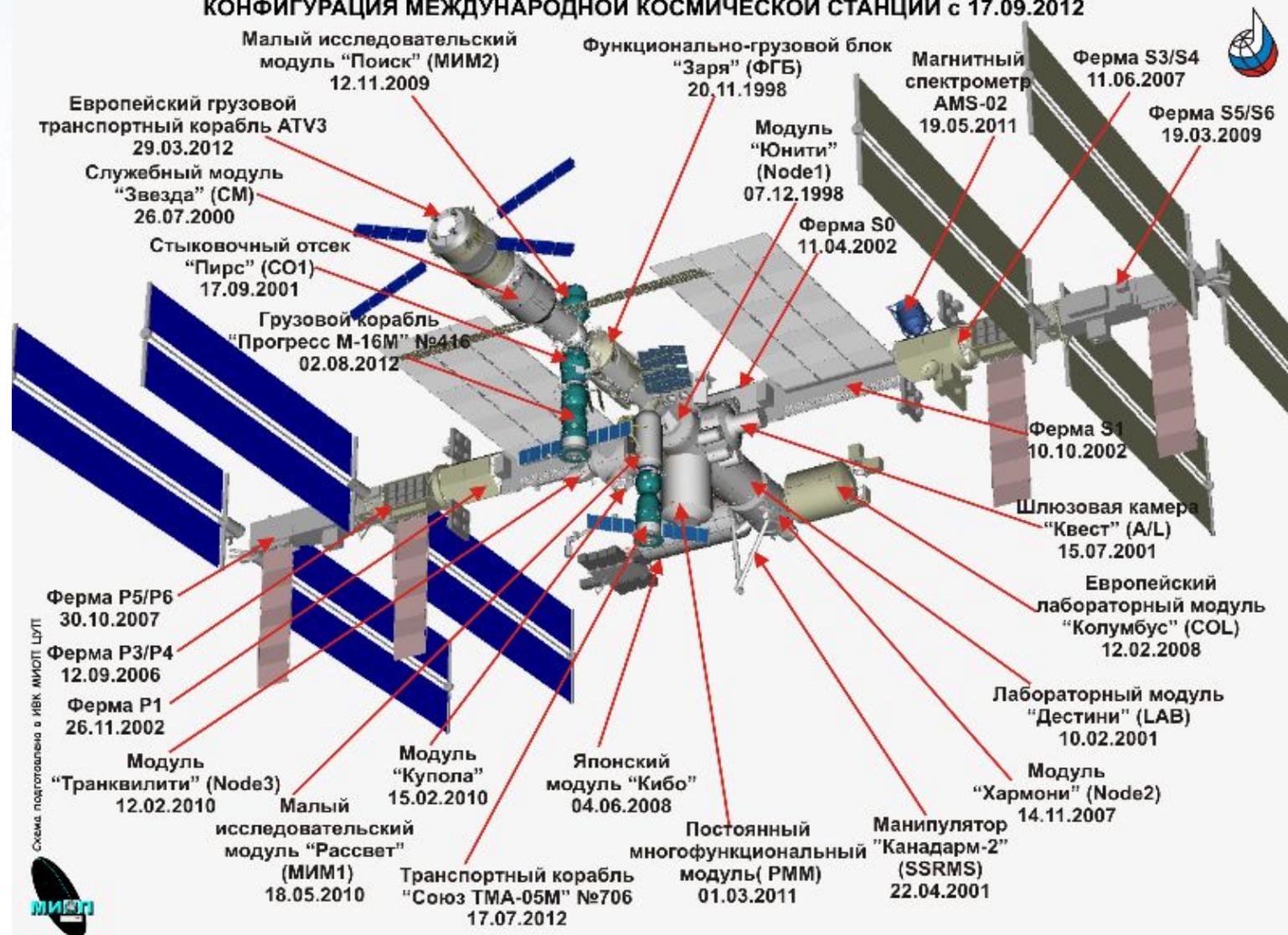
Предметом коллективной деятельности, связанной с планированием космического полета являются:

1. Решение задач, относящихся к баллистическому обеспечению;
2. Определение правил и ограничений планирования;
3. Сбор и формализация данных по планированию;
4. Планирование использования ресурсов и работы систем ОК;
5. Определение «окон» выполнения научных экспериментов;
6. Организация рационального режима труда и отдыха космонавтов (РТО);
7. Назначение приоритетов полетным операциям;
8. Разработка плана полетных операций, позволяющих выполнить цели и задачи программы космического полета.

Процесс планирования тактического уровня

1. Анализ грузопотока для обеспечения экипажа и функционирования МКС (построение Модели грузопотока).
2. Формирование программы полета.
3. Расчет грузов, который включает прием и обработку проектантами исходных данных по составу грузов, запасам топлива, запасам воды, запасам газа.
4. Расчет грузопотока, который включает:
 - прием и обработку заявок от кураторов;
 - формирование, согласование и выпуск плана грузопотока (по программе полета на год по блокам), а также поиск вариантов его оптимизации;
 - разрешение проблем, возникающих в процессе исполнения плана грузопотока, и корректировка грузопотока при необходимости.

КОНФИГУРАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ с 17.09.2012



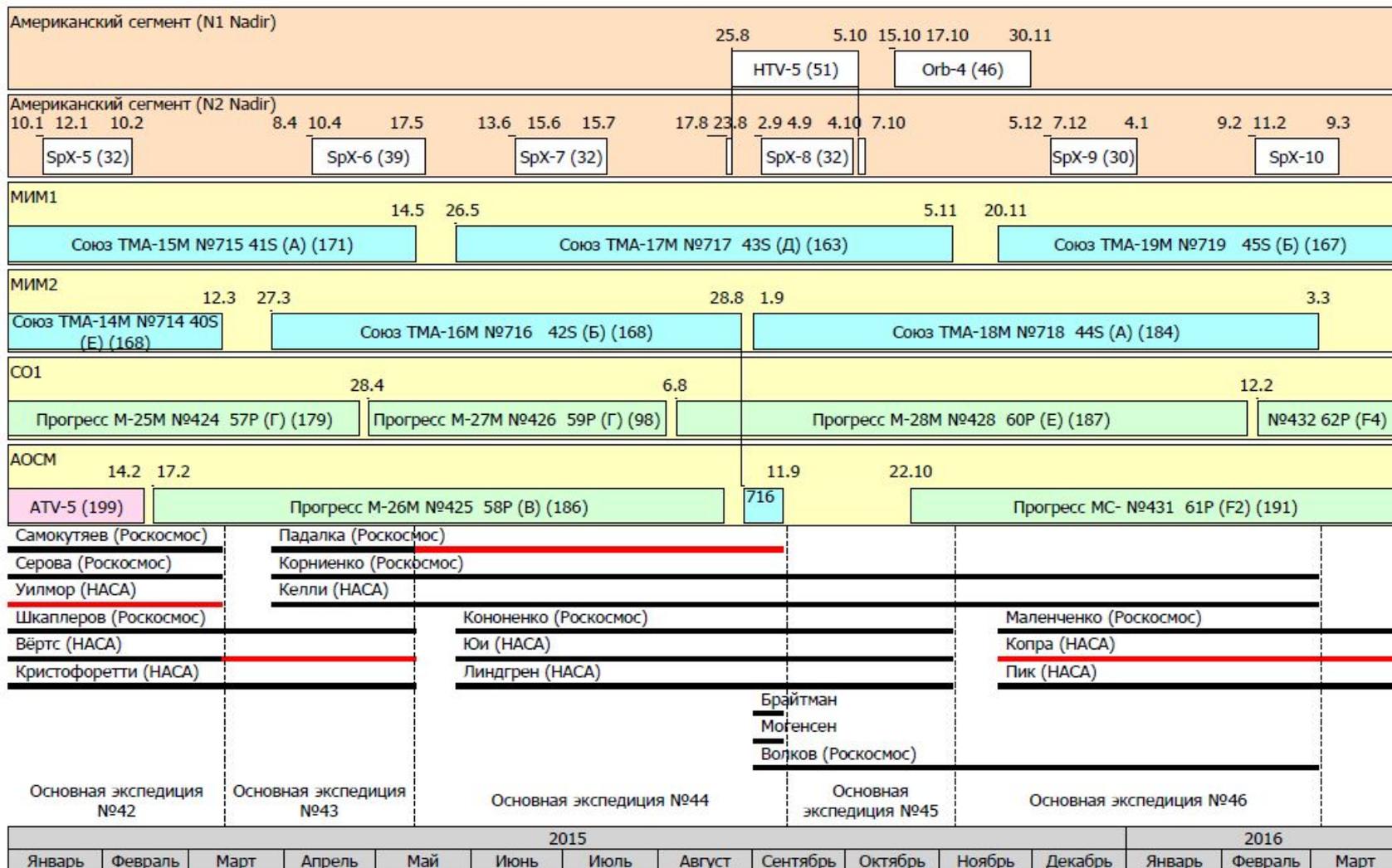
Программа полета МКС на 2015 год

◇◇◇
29,30,31

◇ ●
32,41

◇
33

◇
34



Продукты исполнительного планирования



Формат отображения НПП

17.05.12 чт. - 18.05.12 пт.

ПРОГРАММА ПОЛЕТА РС МКС

Служебные операции на РС МКС

IFM-CQ-ДСН	Обустройство кают экипажа после прибытия на станцию	00:30*БИ-1 00:30*БИ-2
T-TVC-MPEG2-TCT	Тест канала передачи MPEG-2 через Ku-band	
T-TVC-MPEG2-SSC1-KHT	Контроль ТВ-сигнала на Laptop SSC1 во время теста канала передачи MPEG-2	00:10*КЭ
БРТК-TVC-ВКЛ	Вкл. ТВС СМ для приема ТВ с ТК и передачи ТВ-изображения через Ku-band	00:15*КЭ
СТТС-ТПК-СТК-КОНФ	Конфигурация средств связи перед стыковкой ТПК	00:10*КЭ
МКС-ТПК-СБЛЖН-КНТ	Контроль сближения ТК с МКС	01:15*КЭ
ТПК-30S-M2-СТК	Стыковка корабля "Союз ТМА-04М" №704 к МИМ2	
СОГС-КВД-M2-ТПК-ЭЛУП	Перевод КДВ СО-ТК в положение ЭЛЕКТ УПР	00:05*КЭ
БРТК-TVC-ОТКЛ	Откл. передачи ТВ-изображения через Ku-band	00:15*КЭ
СТТС-ТПК-СТК-РЕКОНФ	Реконфигурация средств связи после стыковки ТПК	00:10*КЭ
РАО-СТК-TV-РЕП-ПОДГ	Подготовка к проведению ТВ-репортажа	00:15*КЭ 00:15*БИ-5 00:15*БИ-6
ТПК-30S-МИМ2-ОПЛ-РАО	Открытие переходных люков ТПК - МИМ2, ТВ-репортаж "Прибытие МКС-31"	00:20*БИ-3 00:20*БИ-5 00:20*БИ-6
ТПК-30S-МИМ2-ОПЛ	Открытие переходных люков ТПК - МИМ2, ТВ-репортаж "Прибытие МКС-31"	00:20*КЭ 00:20*БИ-1 00:20*БИ-2

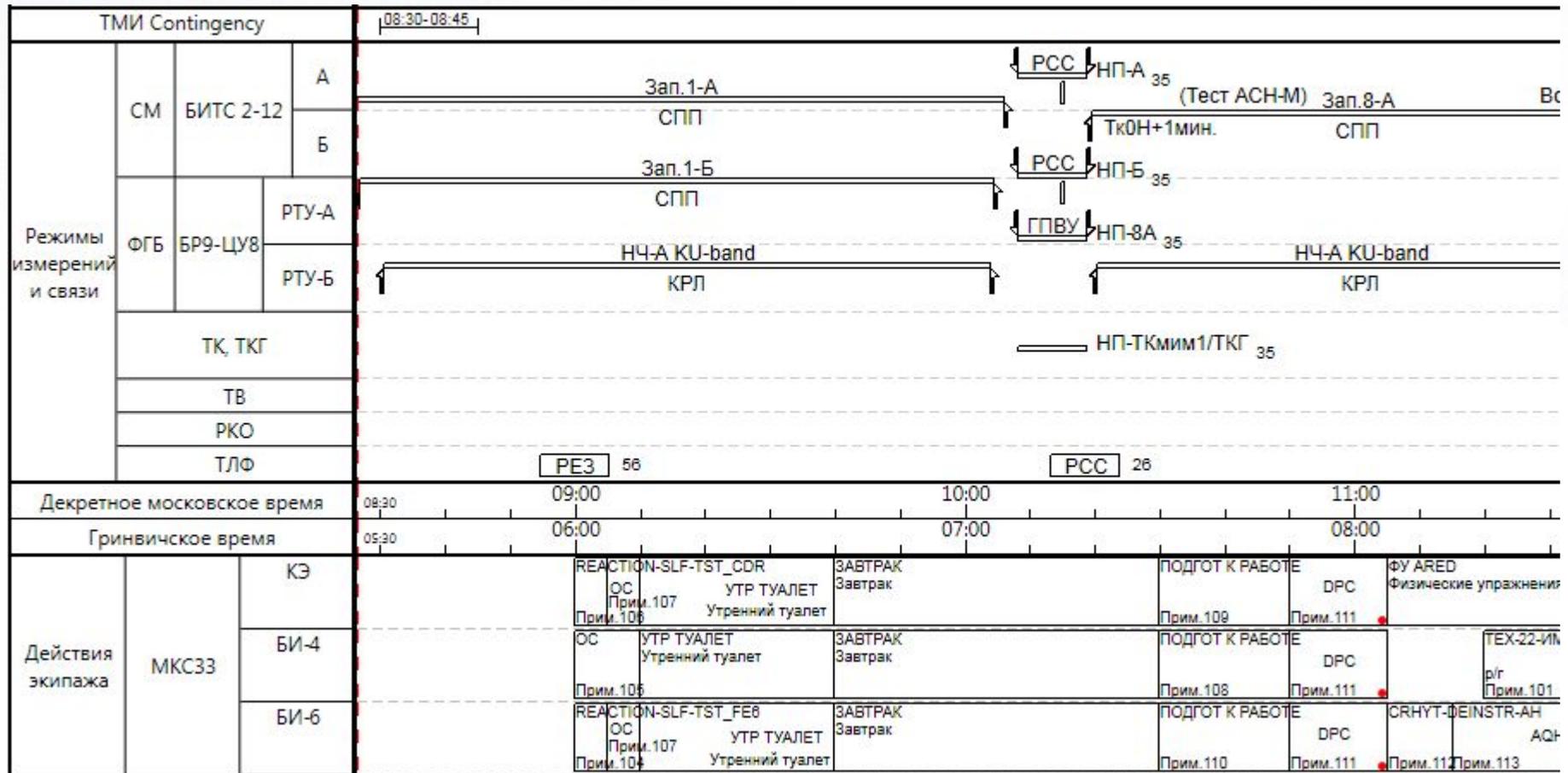
Формат отображения ОПС

ДАТА/ДЕНЬ НЕДЕЛИ	Н СУТОК	НУ	ВИТКИ	Тэжв.	УГ.СОЛНЦА	КОНФИГУРАЦИЯ		ПЛАН ПОЛЕТА	
07.09.12пт. - 08.09.12сб.	251	861	3080(4) - 3090(14)	13:12	-45,7			ОПС-19/МКС32	
ПЕРЕЧЕНЬ ПРОВОДИМЫХ РАБОТ						Н вит.	Треб.ЦПР	ПРИМЕЧАНИЯ ПО ППР	
Служебные операции на РС МКС									
СУДН-ACS-CMG-TA-РЕЖ	Режим упр-ния ориент. на гиродинах АС - CMG TA							QCK+R (-X в ст. НП, +Y в ст. Rv)	
ВВС-СТНД	Стандартный режим							С запретом управления СУДН. с контролем выставки БИНС (МГ, БОКЗ), периодическая коррекция БИНС (БОКЗ, СД+ИКВ, US, МГ), с запретом коррекции БИНС от 256К-1, 256К-2, БОКЗ-1	
S-bd-СБИ-CONTG-СЕР	15 мин зоны "Contingency" ТМИ на 7, 9, 11 суточных витках							15 мин зоны ТМИ "Contingency" на 7, 9, 11 суточных витках вне зоны росс. НИП - договоренность на совещании RJOP от 03.10.08г.	
ОДУ-ВО2-ДОЗ	Дозаправка ВО2 СМ от СД ТТК №416 с использованием компрессора 2. Наддув баков СМ. Продолжение		3076 (15)	3075 (14)	3074 (13)	3077 (1)	3080 (4)	3079 (3)	7 с/с (3074-3080) НП-А, НП-Б (пр.2), НП ТТК №416, ЕЦП, КРЛ ТТК № 416; в. 3080 НП-8А, НП-8Б. На в. 3079, 3080 планируется НП-Б пр.1 для ОДНТ-тренировок. исх.114-6/508 от 02.08.12 Не планировать откл. реж. ВД-СУ на фоне проведения дозаправки
ВВС-СТНД	Стандартный режим								
ГОГУ/МКС-КОНФ	Еженедельная конференция между экипажем МКС и руководством ГОГУ							00:15*КЭ 00:15*БИ-2 00:15*БИ-3 00:15*БИ-4 00:15*БИ-5 00:15*БИ-6 00:15*БИ-2 00:15*БИ-4	С запретом управления СУДН. с контролем выставки БИНС (МГ, БОКЗ), периодическая коррекция БИНС (БОКЗ, СД+ИКВ, US, МГ), с запретом коррекции БИНС от 256К-1, 256К-2, БОКЗ-1 из ЦУП-М, ТДФ к.214 реж. "Конференция" через S-band, планировать в 1-ой половине дня.
СИ-ТЛФ-ПЕРЕГ	ТЛФ-переговоры по инвентаризации								перег. со спец. (с/с через S-band), р/г при необходимости, планировать в первой половине дня.
БРТК-ТВС-ТЕСТ	Тестовый ТВ-сеанс из МИМ2 с использованием видеокамеры КСПЭ Sony HVR-Z1J		3078 (2)						00:20*БИ-4 см. ДР №27КСМ-189/111-2012, методика отд. 311, ТВ Б-Ц через РС НИП (в.3078(2с.)) НИП 25,27,33) Ведение связи в S/G2 из МИМ2 по Б и РТК п. 8.8 ш.2 Запрос ЦУП-Х о конфигурации связи перед работой МСП 2.813 ш.1, после работы запрос ЦУП-Х о возврате в штатную конфигурацию МСП 2.805 ш.1 И/д для р/г готовит спец. гр. БРТС
ПРОГРАММЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯМИ						ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ			
СМ,СО1,МИМ2,МИМ1: Съём ТМИ по программе; ДД: 2 витка по 2 НИП или 4 витка по 1 НИП; РКО по программе ФГБ: Съём ТМИ по программе; РКО "Компарус" ТПК №705: Съём ТМИ на 2-4-х витках (все с/с/в проводятся в авт.режиме) ТПК №706: Съём ТМИ на 2-4-х витках (все с/с/в проводятся в авт.режиме) ТТК №416: Съём ТМИ по программе (все с/с/в проводятся в авт.режиме) NODE1.LAB.A.L,NODE2,NODE3: Съём ТМИ по программе АС COLUMBUS: Съём ТМИ по программе АС JPM/LP: Съём ТМИ по программе АС ATV3: Съём ТМИ по программе ATV						1. См. дополнительную информацию в примечаниях к ОПС по суткам. 2. Ведение связи в УКВ1. Задействование и ведение связи через УКВ2 - при необходимости. 3. Операции на ФГБ: Ввод КПИ в ГПВУ через КИС "Компарус А3". Продолжение РЦ АБ 1,3,4,5,6. Эксперимент "Компласт" (ЗАП1А БР9-ЦУ8) см. сл.зап. №223/475-04 от 19.11.04. 4. Проведение подстройки часов на Центральном посту голосом в с/с/в УКВ через НИП. 5. Режим работы "Электрон-ВМ" - 32А. 6. Ограничения во время полета ATV в связке с МКС см. Правила Полета Е2-131.			

Формат отображения ДПП (продолжение)

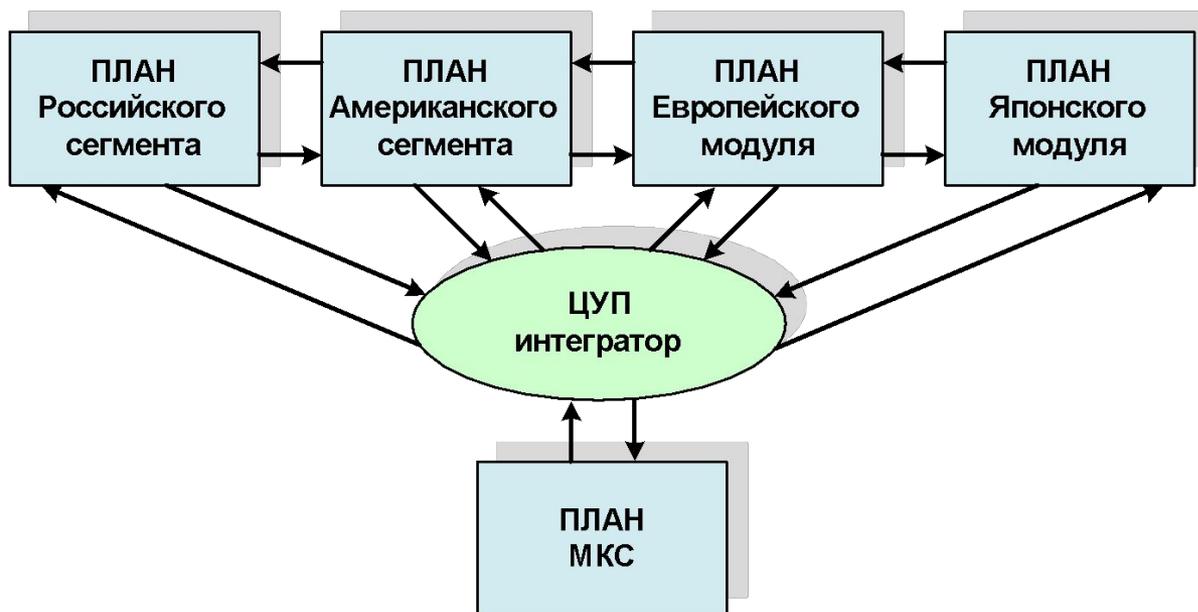
Декретное московское время		08:30	09:00	10:00	11:00
Зоны видимости НИПов НУ = 952 слева Угол орбита-солнце = 14,03		УСК(35) 08:34-08:40 (3,05)		УСК(35) 10:08-10:18 (34,51) /С	
		ППК(26) 08:37-08:47 (13,75)		ППК(26) 10:13-10:23 (42,70)	
		DRY(54) 08:52-09:02 (18,43)		DRY(54) 10:29-10:39 (42,08)	
		WHS(56) 08:54-09:05 (38,80)		WHS(56) 10:31-10:40 (14,28)	
		WAL(55) 09:00-09:06 (2,66)			
		3713(11) (14,03 слева)		3714(12) (13,74 слева)	КПС-ПН35
Зоны видимости TDRS	S-band Ku-band				
Освещенность орбиты		08:48	09:23	10:21	10:56
		08:43	09:29	10:16	11:02
Динамические режимы. Режимы РС. Режимы бортовых систем.		ОСК+R(-X в ст. НП, +У в ст. Rv)(дежурная) AC-Momentum Management			
		СЭП(деж): СМ - 184 а/ч			
		Прим.1 Прим.2	Введена блокировка автоматической передачи управления на РС		
		Прим.5	Аппаратура АСН-М отключена	См. прим.5	Тест АСН-М
	Тест АСН-М	ВЕКТОР-Т			
	СПП		БСР-ТМ.Сброс файлов Прим.8	КОНТ	
			СРК Прим.9	БСР-ТМ.Сброс d	
		БПП Режим ВУ: Стандартный. Коррекция БИНС разрешена. Таблица приор. коррекции БИНС (БОКЗ, ИКВ и СД, Амер.пар.,			
ТМИ Contingency		08:30-08:45			

Формат отображения ДПП (продолжение)



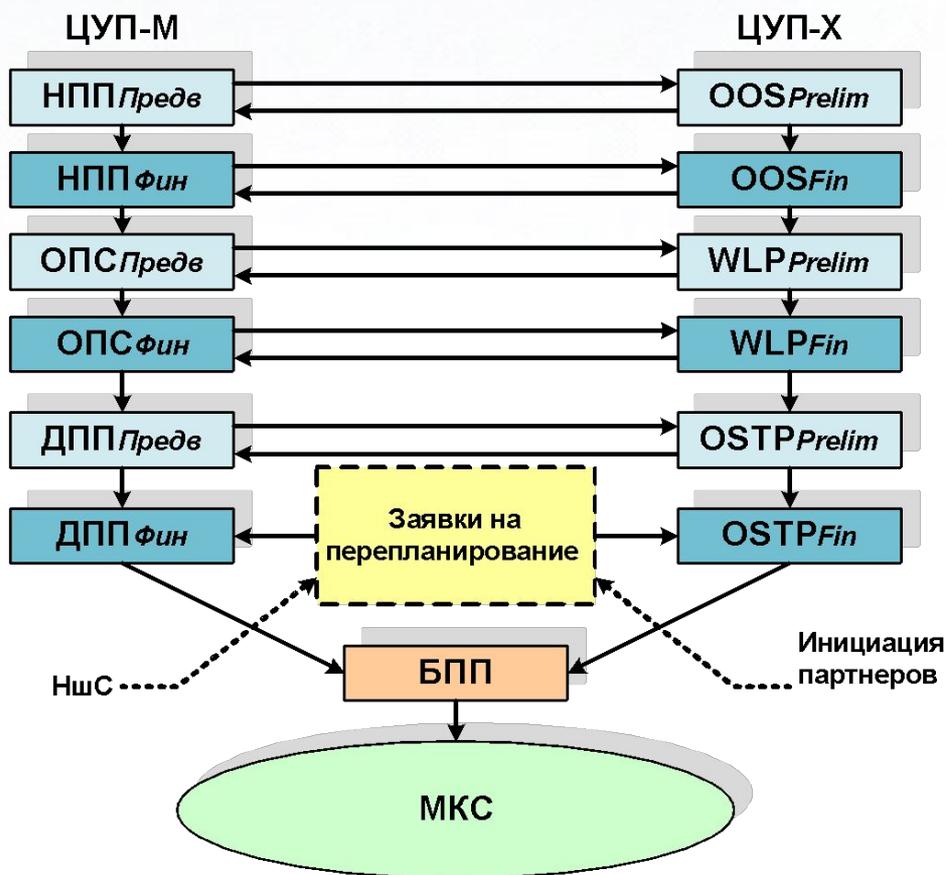
Принципы планирования КП в международных программах

- **принцип поэтапного планирования** – «от общего к частному»(НПП-ОПС-ДПП);
- **принцип распределенного планирования** – участвуют все партнеры, находящиеся в территориально удаленных ЦУПах;
- **принцип сепарации** - каждый партнер разрабатывает план «своего» сегмента;
- **принцип интеграции** - окончательный план формируется в одном из ЦУПов («интеграторе»)



Принципы планирования КП в международных программах

Поэтапное планирование

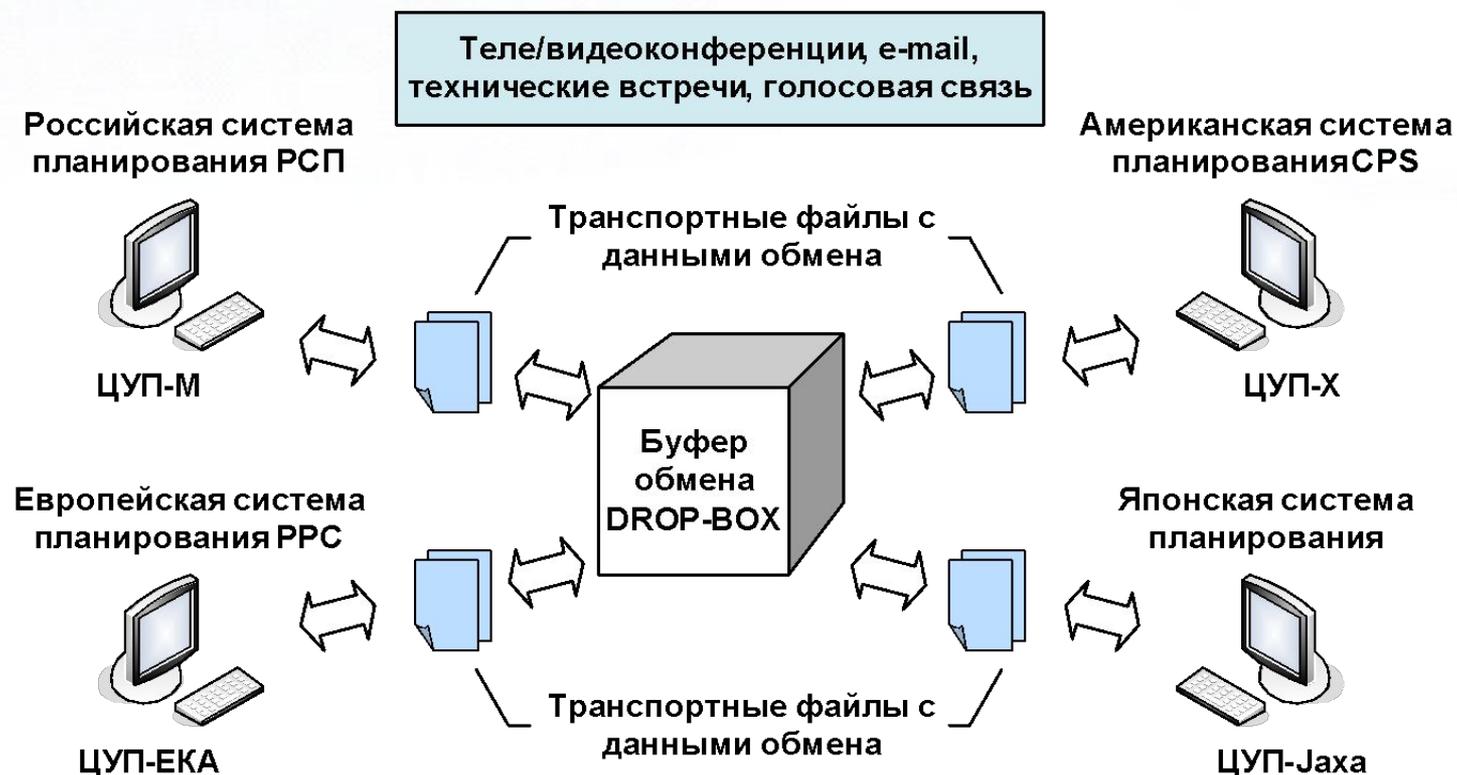


Предлагаемая схема распределенного планирования позволяет:

1. Разрабатывать единый план полета для целевых и служебных операций на разных сегментах и модулях.
2. Надежно и эффективно взаимодействовать партнерам при разработке единого плана полета.
3. Подключиться к планированию новым центром, приступившим к управлению новых модулей.

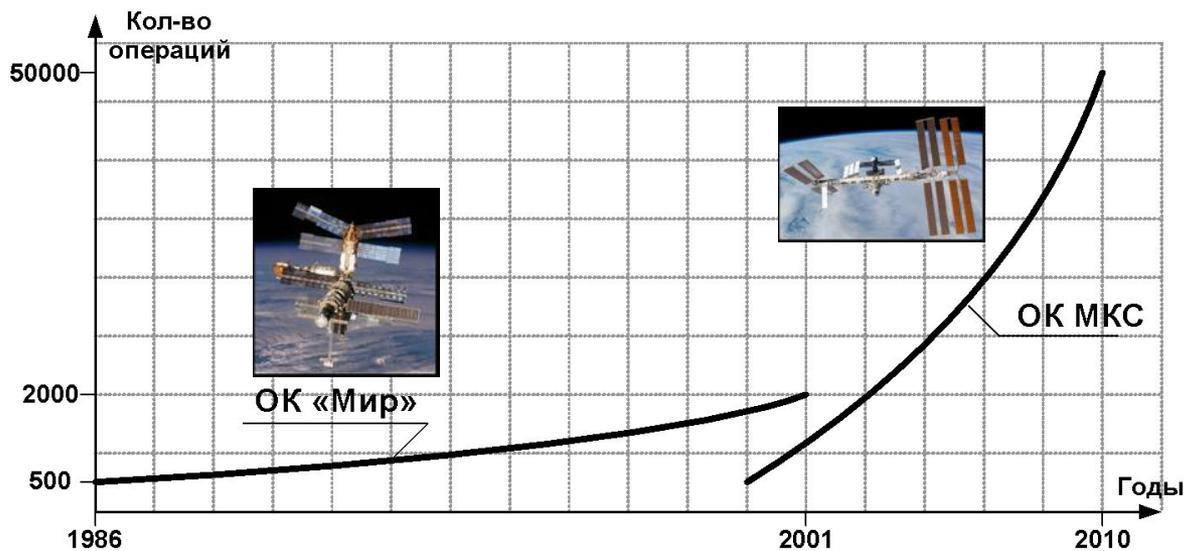
Принципы планирования КП в международных программах

Распределенное планирование



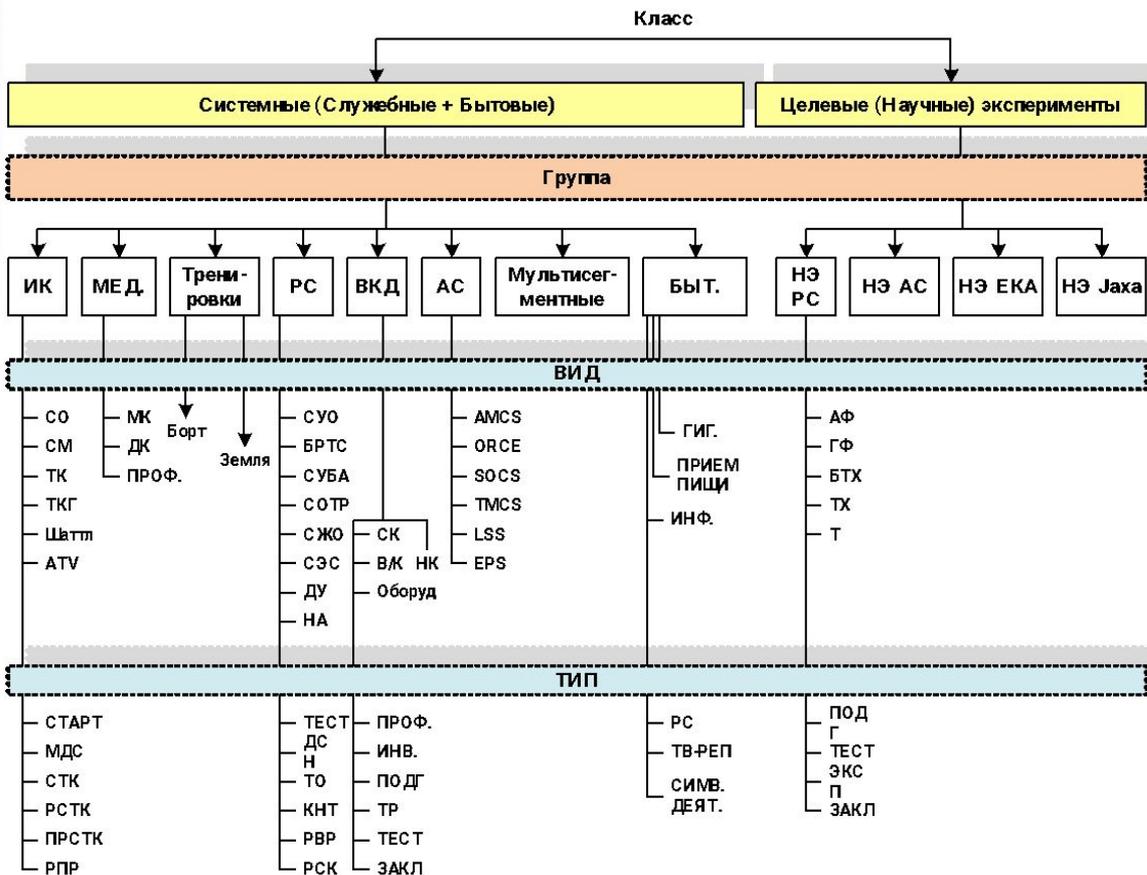
Рост количества полетных операций

ОК «Мир»	Международная космическая станция		
1986 – 2001 гг.	1999 – 2002 гг.	2003 – 2006 гг.	2007 – 2010 гг.
500...2000	500...5000	5000...20000	20000...50000

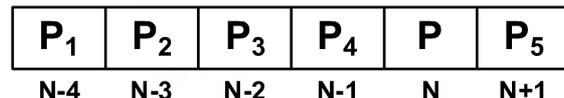


Классификация полетных операций

1. По функциональному назначению



2. По принципу связности (логико-временным отношениям) пример:

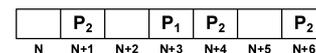


- P – Внекорабельная деятельность
- P₁ – Подготовка инструмента
- P₂ – Подготовка скафандра
- P₃ – Медицинский контроль
- P₄ – Тренировки
- P₅ – Сушка скафандра

3. По признаку периодичности



4. По признаку множественности



- P₁ – единственная операция в плане
- P₂ – множественная операция

Структура паспорта полетной операции



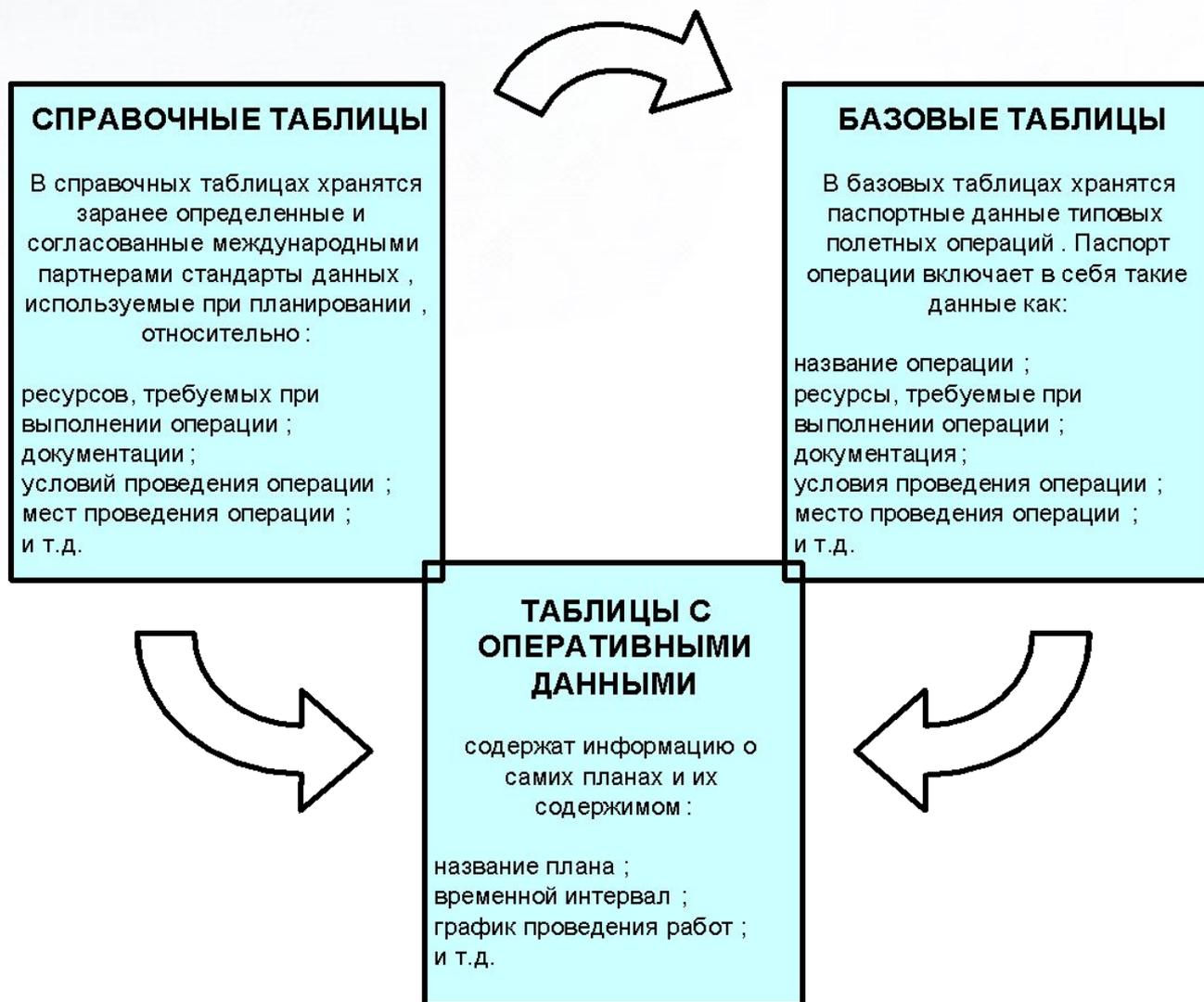
Перечень атрибутов полетной операции

Атрибут	Атрибут	Атрибут
Краткое имя (русское)	Организация-создатель	Признак критичности ПО по времени
Краткое имя (американское)	Пользователь-создатель	Раздел ПО в плане
Полное имя (русское)	Пользователь-редактор	Период
	Признак автоматическая ПО или нет	Признак включения/не включения в рабочее время
Полное имя (американское)	Условия проведения	Дата создания
Описание (русское)	Дата выполнения ПО	Дата редактирования
Описание (английское)	Время начала ПО	Организация-создатель
Модуль	Время окончания ПО	Пользователь-создатель
Рабочее место	Привязка ПО к витку	Пользователь-редактор
Группа	ПО, входящая в Task list	Признак автоматическая ПО или нет
Система	Резервная ПО	Условия проведения
Подсистема	Признак наличия времени у ПО	Дата выполнения ПО
Оборудование	Идентификатор эталона	Время начала ПО
Тип действия	Идентификатор родителя ПО в иерархии шаблон-экземпляр-потомок	Время окончания ПО
Длительность	Принадлежность к иерархии ПО	Привязка ПО к витку
Категория	Идентификатор экспедиции	ПО, входящая в Task list
Категория PIER	Идентификатор американской последовательности	Резервная ПО
Признак комплексности: обычная, в составе комплексной, комплексная (заглавная)	Признак КПО, состоящей из одного элемента	Признак наличия времени у ПО
Фиксированный приоритет	Указатель на заглавную ПО в КПО, полученной при обмене с партнерами	Идентификатор эталона
Признак периодичности	Признак наличия в документации к ПО слова 'FLEXIBLE'	Идентификатор родителя ПО в иерархии шаблон-экземпляр-потомок

Перечень атрибутов полетной операции

Атрибут	Атрибут	Атрибут
Принадлежность к иерархии ПО	Название ресурса	Тип привязки к связанной ПО (начало или конец)
Идентификатор экспедиции	Начало использования ресурса относительно начала ПО	Направление связи (от текущей к связанной, от связанной к текущей)
Идентификатор американской последовательности	Окончание использования ресурса относительно начала ПО	Смещение в минутах
Признак КПО, состоящей из одного элемента	Длительность использования ресурса	Смещение в днях
Указатель на заглавную ПО в КПО, полученной при обмене с партнерами	Количество ресурса в начале операции	Тип временного отношения: комплексная ПО, временная последовательность, пользовательская группа, периодические и множественные ПО
Признак наличия в документации к ПО слова 'FLEXIBLE'	Количество ресурса в конце операции	Текущая ПО
Признак критичности ПО по времени	Название члена экипажа	Несовместимая ПО
Раздел ПО в плане	Длительность использования ресурса	Причина несовместимости
ИД заявки, в которой была заявлена данная ПО	Начало использования ресурса относительно начала ПО	Название документа русское
ИД эксперимента, в рамках которого выполняется данная ПО	Окончание использования ресурса относительно начала ПО	Название документа американское
Тип информации, которую нужно передавать через НИП (ТВ, Телефон, ТМИ, КПИ и т.д.)	Текущая ПО	Тип документа (Б/И или радиограмма)
Начало задействия НИП относительно начала ПО	Связанная ПО	Описание (N страницы, и т.д.)
Окончание задействия НИП относительно начала ПО	Заглавная ПО	Ссылка на электронный документ
Длительность задействия НИП	Тип привязки к текущей ПО (начало или конец)	

Структура БД РСП



Средства планирования

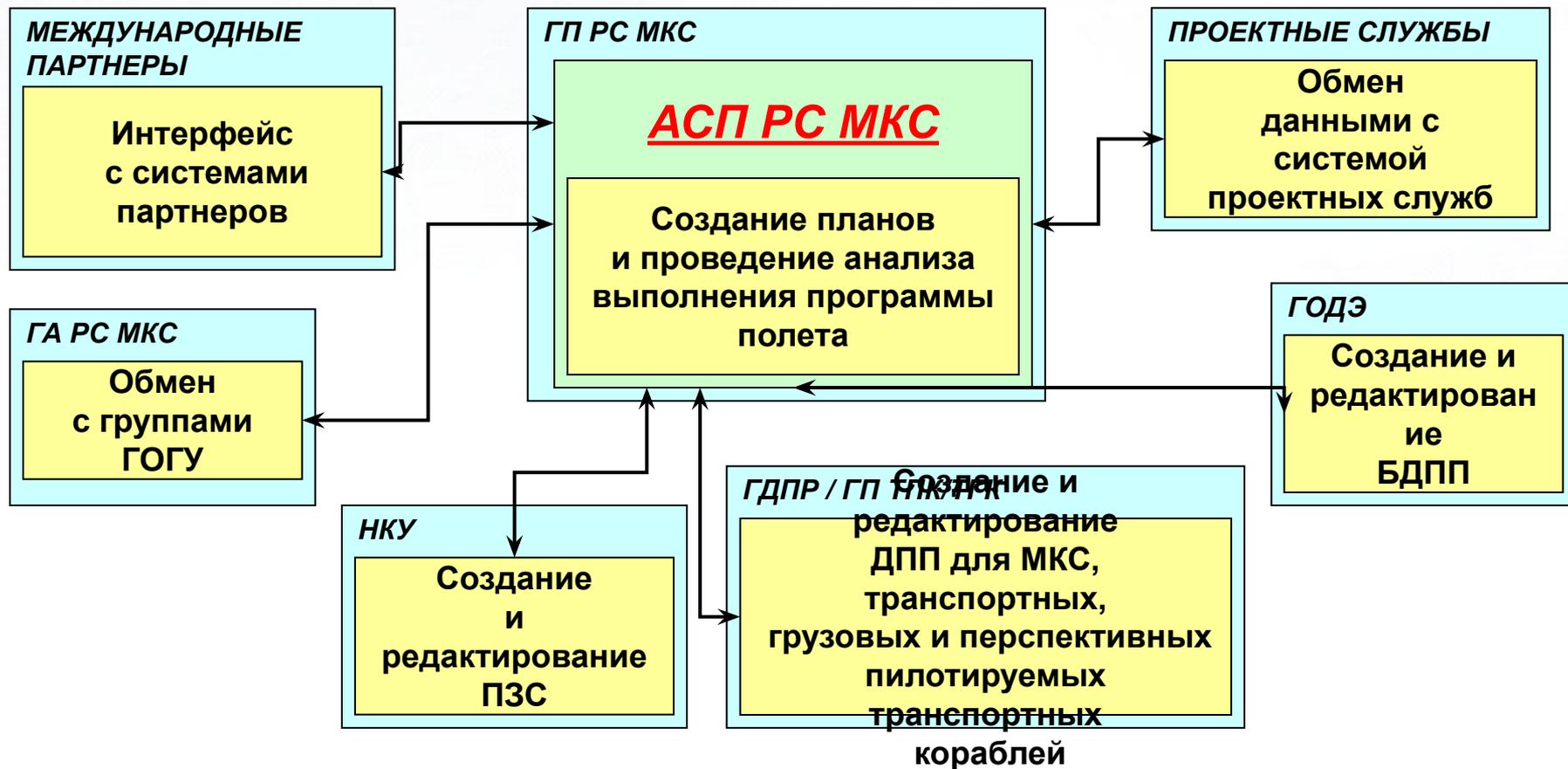
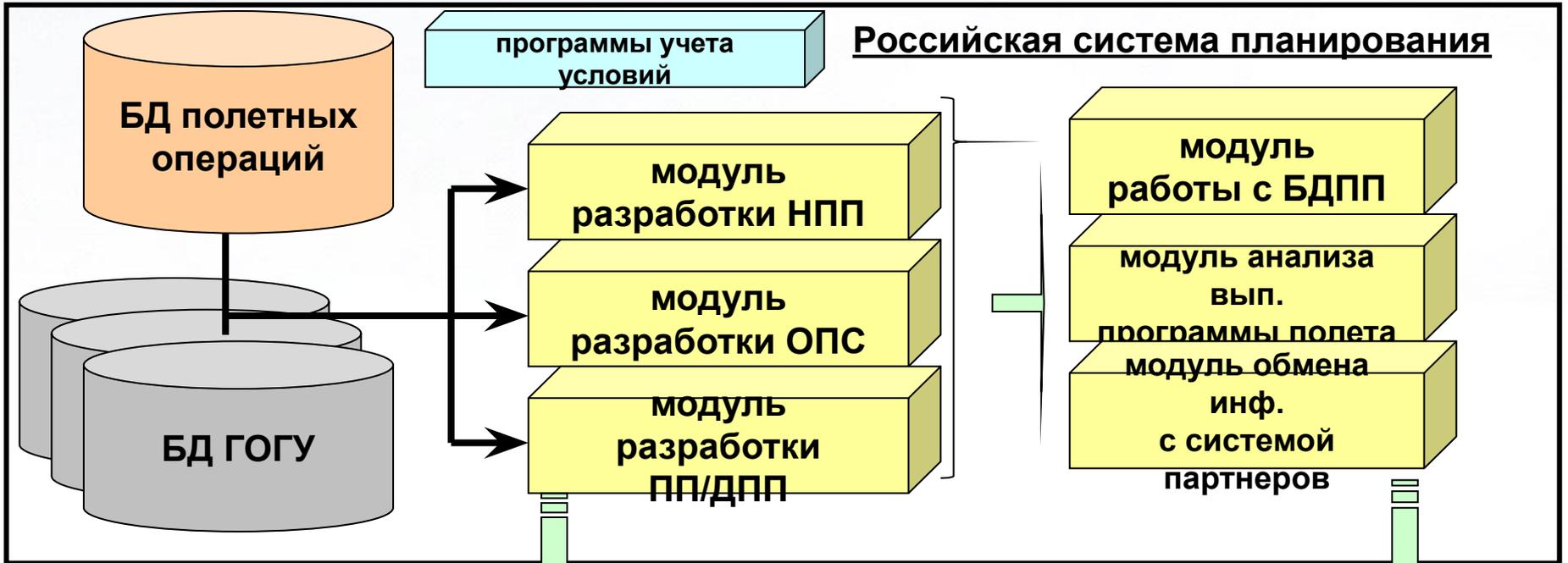


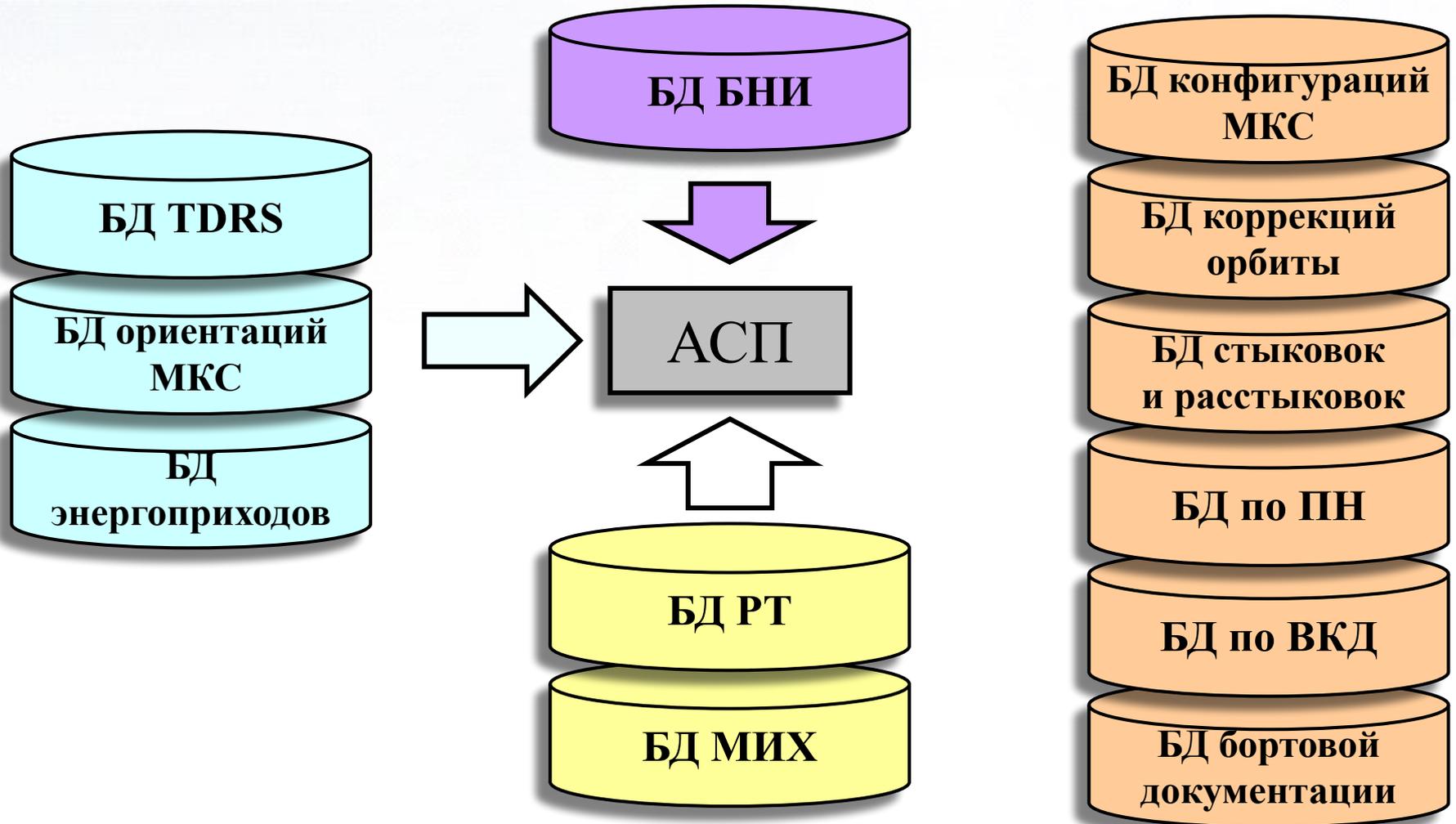
Схема автоматизированной системы планирования



выпуск документации по планированию

работа с бортовым планом в реальном времени, проведения анализа выполнения программы полета, формирование данных для обмена

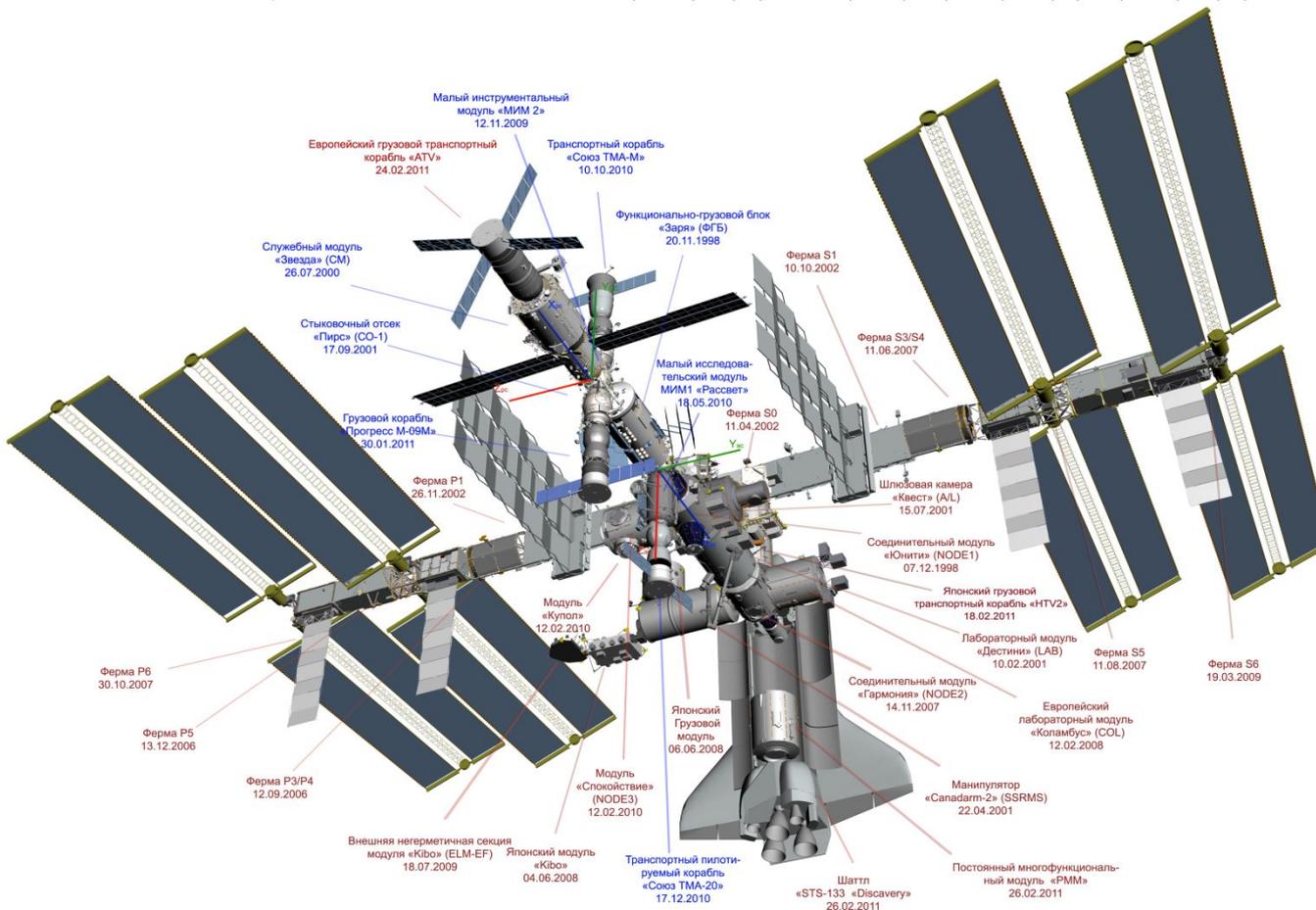
Использование БД ГОГУ



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ



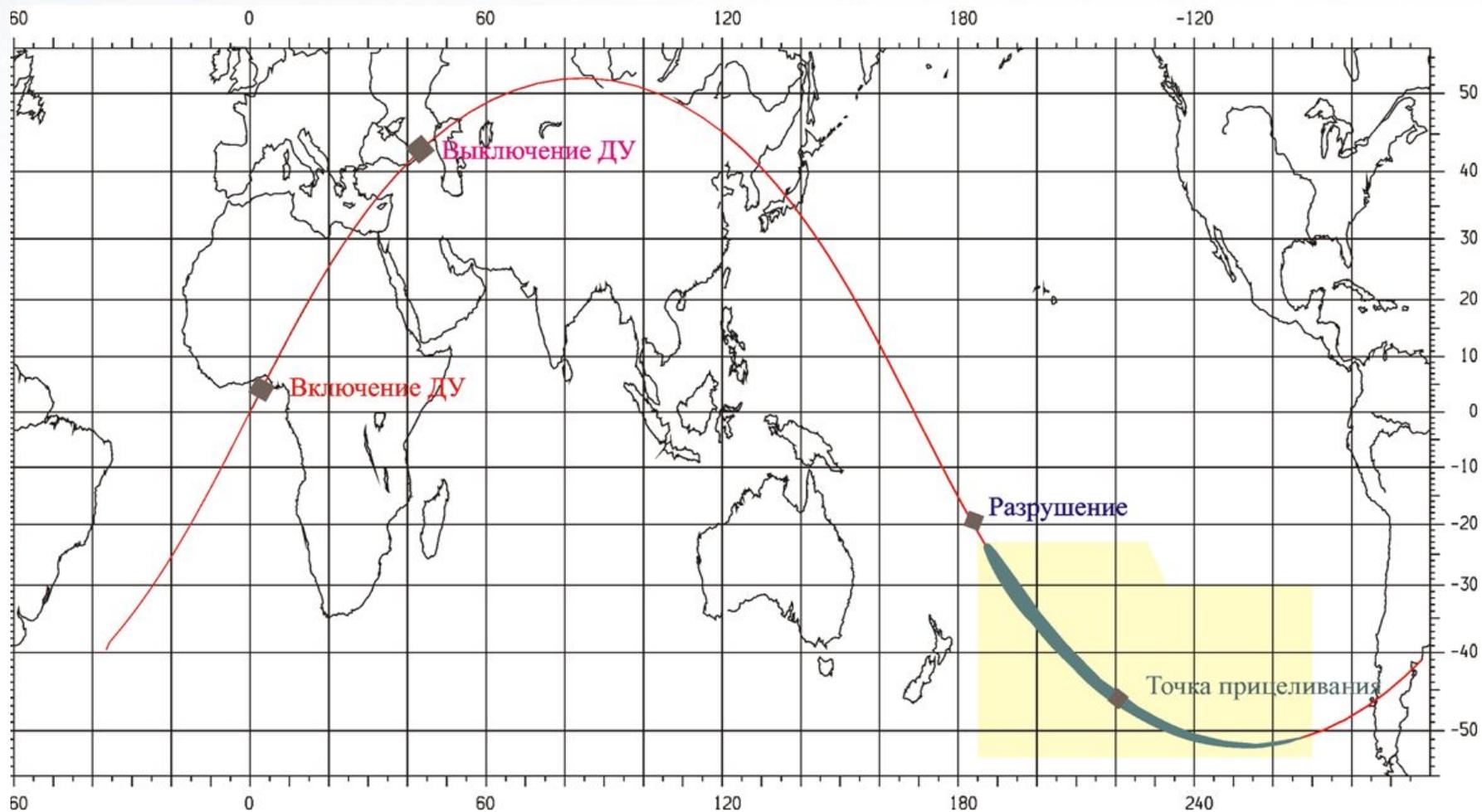
ULF5+N2+HTV2+N3+Cupola+JPM+JLP+COL+LAB+AL+N1+ФГБ+M1(-У ФГБ)+TK(M1)+CM+ATV(AOCM)+C1(-У CM)+ТГК(C1)+M2(+У CM)+TK(M2)



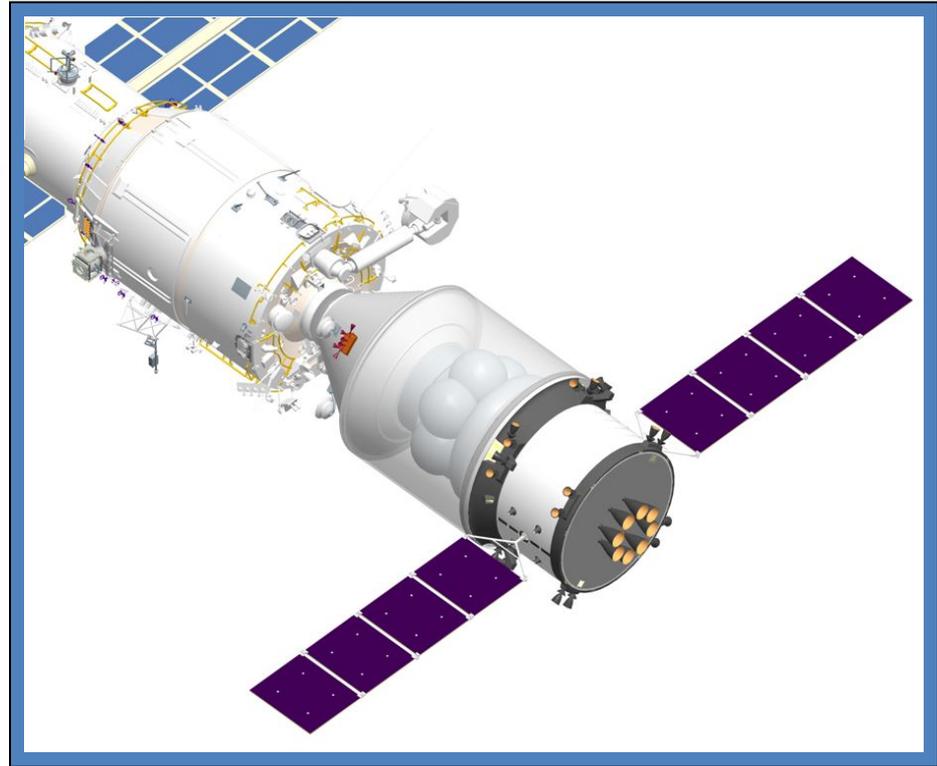
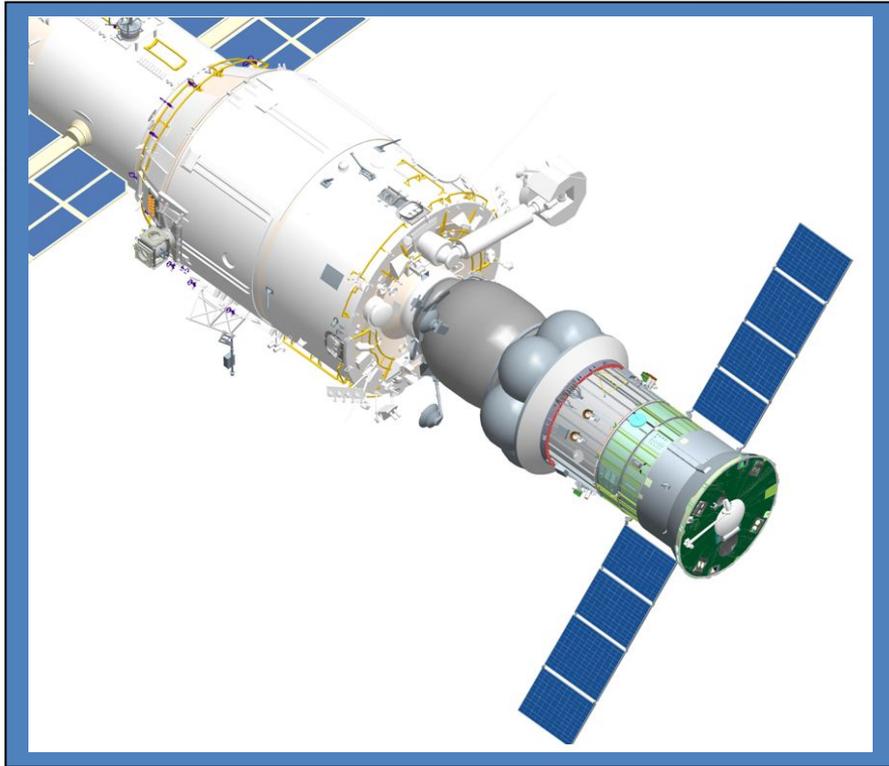
Технические характеристики

Полет	1998 -2013
Экипаж	6
Масса	375 727 кг
Длина	51 м
Ширина	109 м
Высота	20 м
Жилой объем	837 м ³
Давление	1 атм
Перигей	400 км (20 марта 2013)
Апогей	432 км (20 марта 2013)
Наклонение орбиты	51.6 град
Орбитальная скорость	7 706.6 м/с
Период орбиты	92,7 мин
Количество дней на орбите	5235
Количество дней с экипажем	4635
Количество витков	82090
	31

Схема затопления МКС при минимально-возможном импульсе



Корабли-буксиры для затопления МКС



Конец лекции