

Полеты в космос. Оперативное управление космическими аппаратами

Профессор
Соловьёв

В.А.

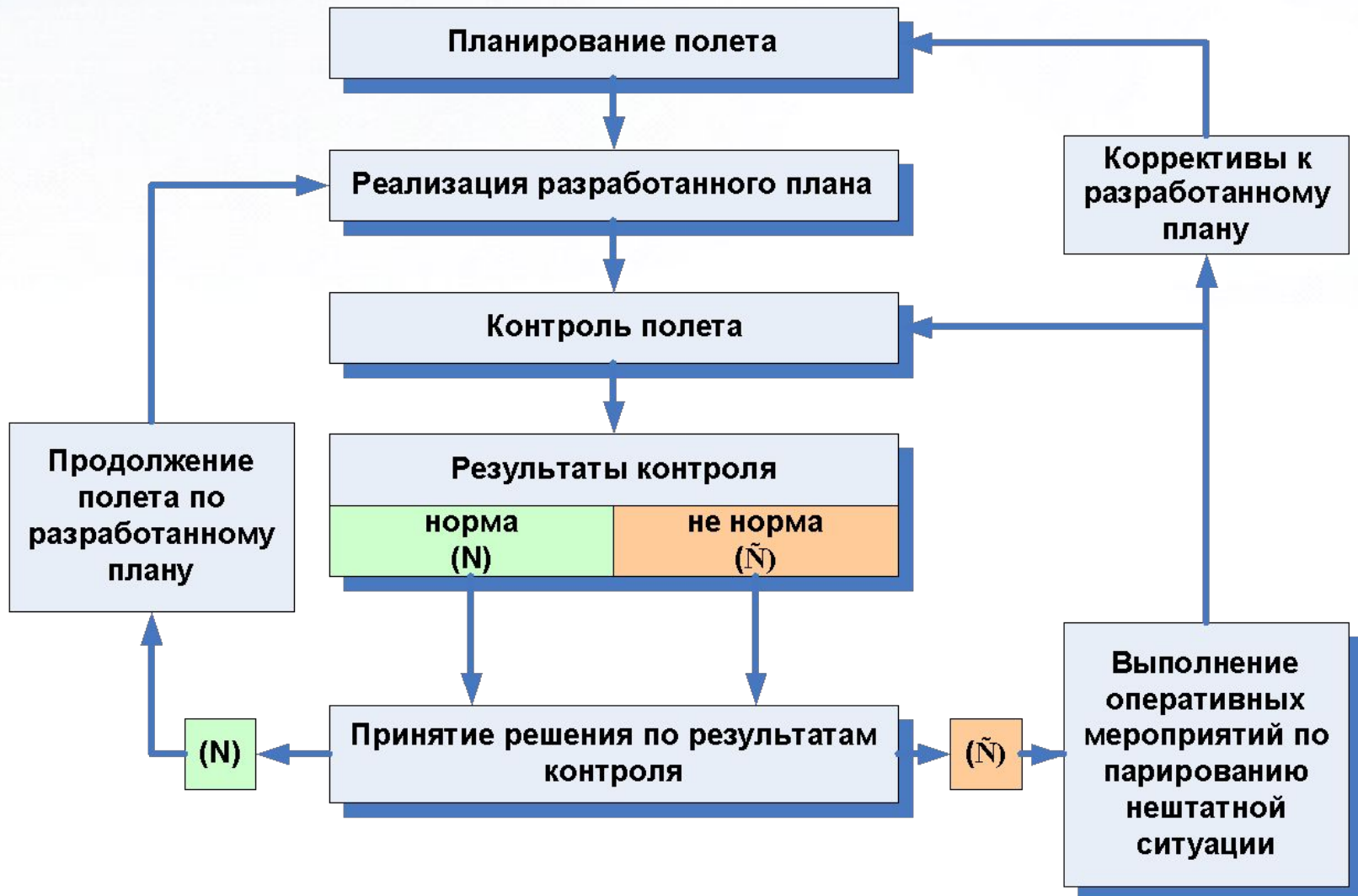
Космический полет



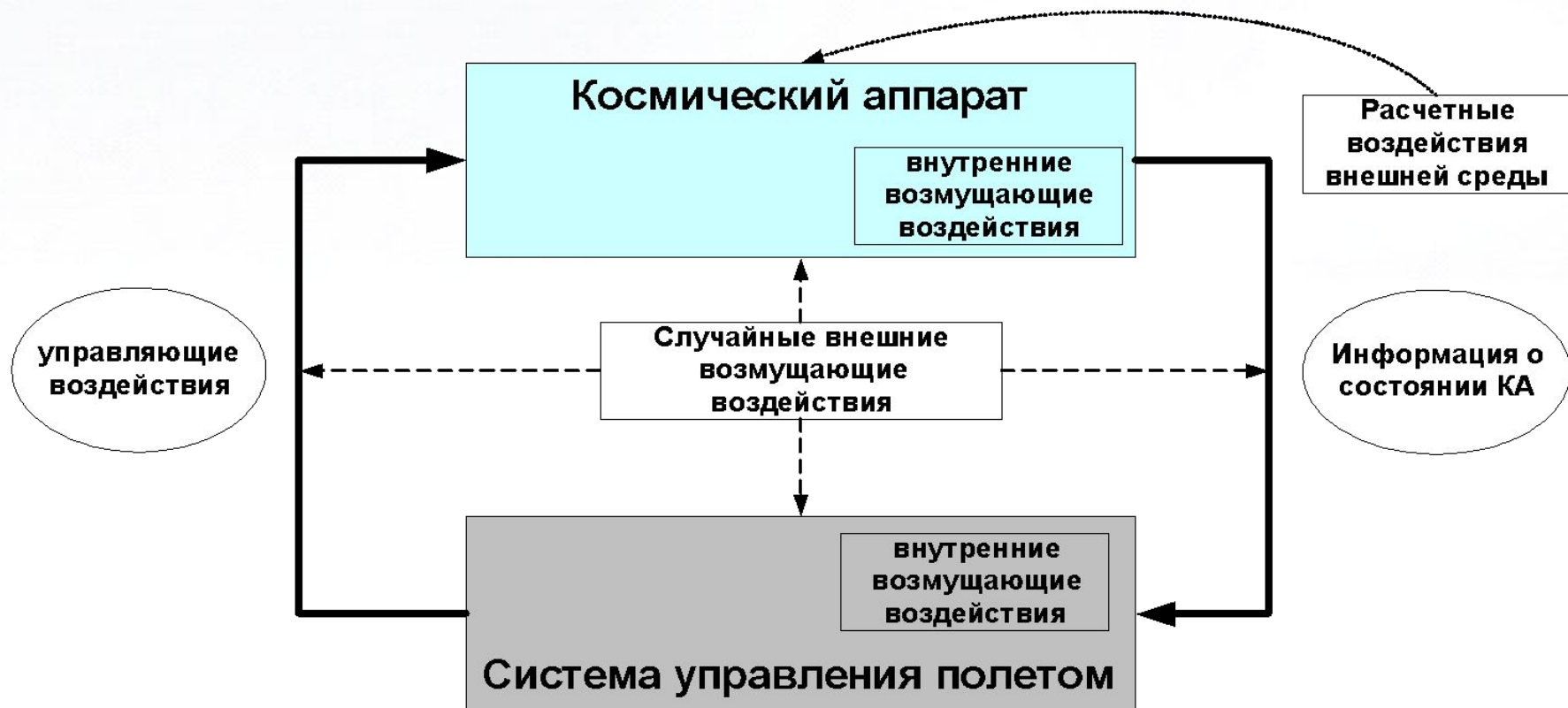
Примеры полётных операций:

- выведение с Земли на промежуточную орбиту;
- переход на рабочую орбиту;
- стыковка КА;
- ВЫХОД КОСМОНАВТОВ В ОТКРЫТЫЙ КОСМОС;
- И Т.Д.

Управление полетом КА



Контур управления полетом



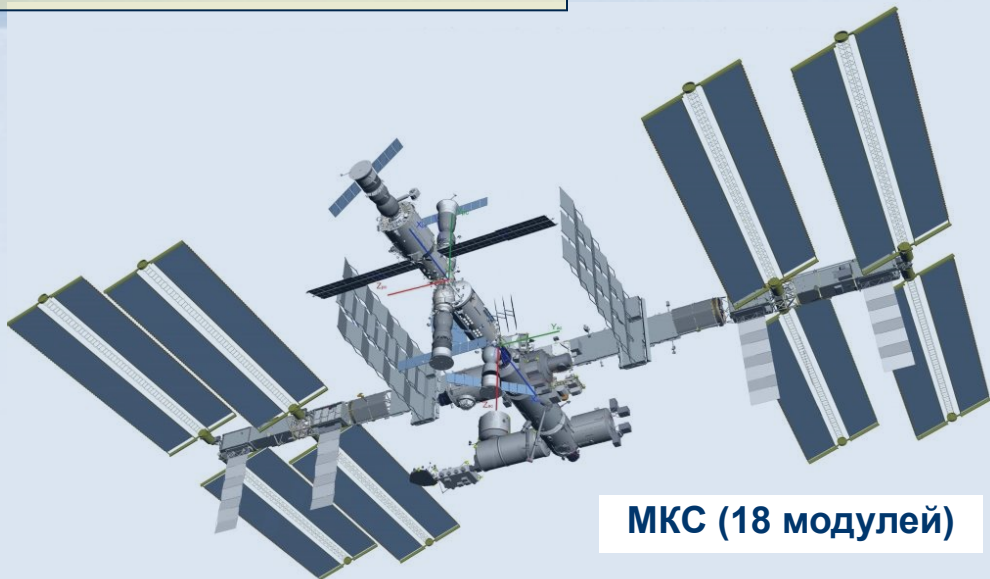
КА как объект управления

Информация о КА, важная с точки зрения управления:

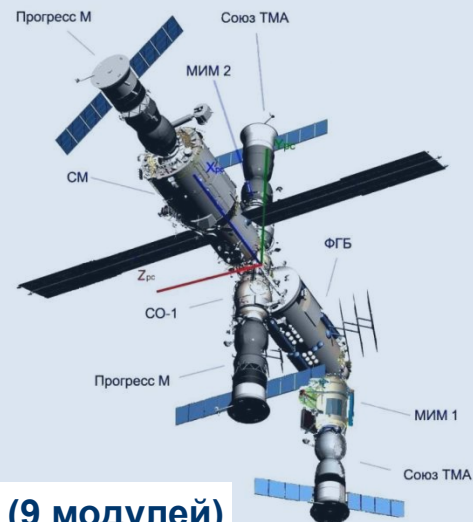
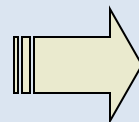
- **Функциональные возможности КА;**
- **Располагаемые ресурсы;**
- **Характеристики полётных операций;**
- **Состав бортовых систем КА и режимы их работы;**
- **Методики управления бортовыми системами КА;**
- **Описание каналов управления;**
- **Методики контроля состояния и работы КА;**
- **Ограничения на режимы работы КА.**

Основные объекты управления полётом

Пилотируемые комплексы



МКС (18 модулей)



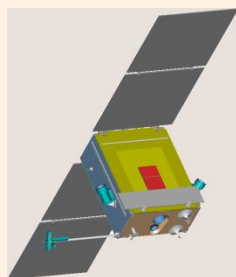
РС МКС (9 модулей)

Автоматические космические аппараты

КА «Ямал-200»



КА «БелКА»



КА «E-star»

Средства выведения (разгонные блоки)

Федеральные программы



Программа «Наземный старт»



Программа «Морской старт»



Особенности управления полетом для пилотируемых и автоматических космических аппаратов

Пилотируемые космические аппараты

Широкий спектр задач полёта

Большие информационные потоки

Насыщенная структура наземного контура управления

Многочисленный персонал управления

Наличие экипажа на борту:

- дополнительные возможности по управлению КА
- возможность проведения ремонтно-восстановительных работ на борту с заменой отказавших элементов

Автоматические космические аппараты

Узкая специализация задач полёта

Незначительный объем информационных потоков

Упрощенная структура НКУ

Ограниченный персонал управления

Отсутствие экипажа на борту:

- более низкие возможности по управлению КА
- невозможность замены отказавших элементов, парирование отказов перераспределением функций бортовых систем и корректировкой бортового ПО

Особенности управления полетом для средств выведения

Средства выведения

Короткий период эксплуатации
(часы и минуты)

Основная нагрузка по управлению полетом
возложена на бортовой контур управления

Упрощенная структура НКУ
(основная задача – прием и обработка ТМИ)

Ограниченные возможности по выдаче
команд управления

Незначительный персонал управления

Состав космического аппарата

Конструкция

- Корпус КА
- Внешние элементы конструкции
- Элементы интерьера

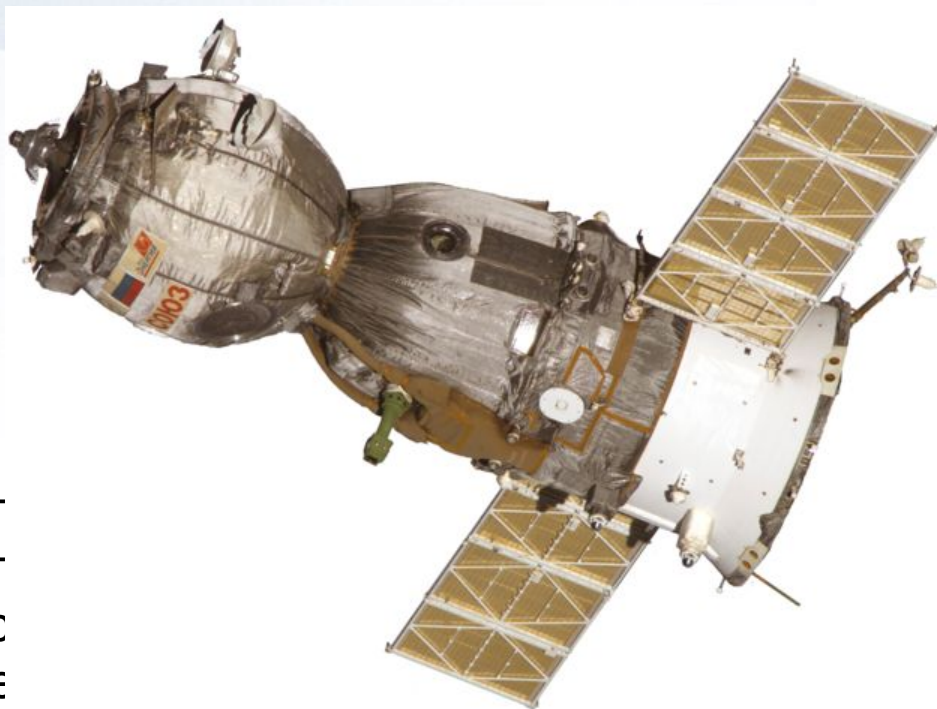
Служебные бортовые системы

- Система управления движением и навигации
- Двигательная установка
- Система управления бортовым комплексом и бортовая вычислительная система
- Бортовой радиотехнический комплекс
- Система обеспечения теплового режима и электромеханические системы
- ...
- Система электропитания и система ориентации солнечных батарей
- Системы обеспечения жизнедеятельности экипажа
- Группа систем управления спуском и средств приземления

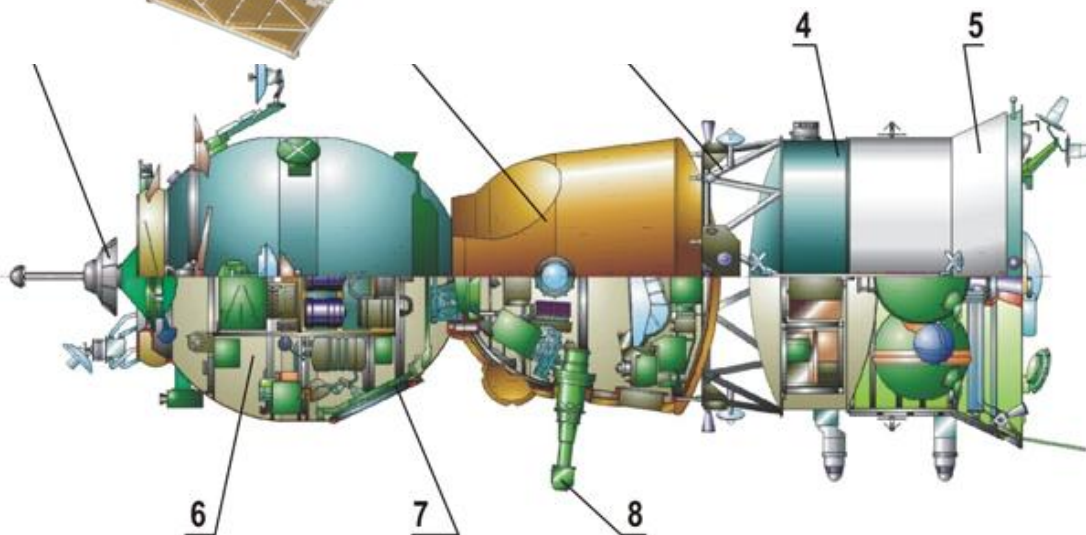
Целевые системы

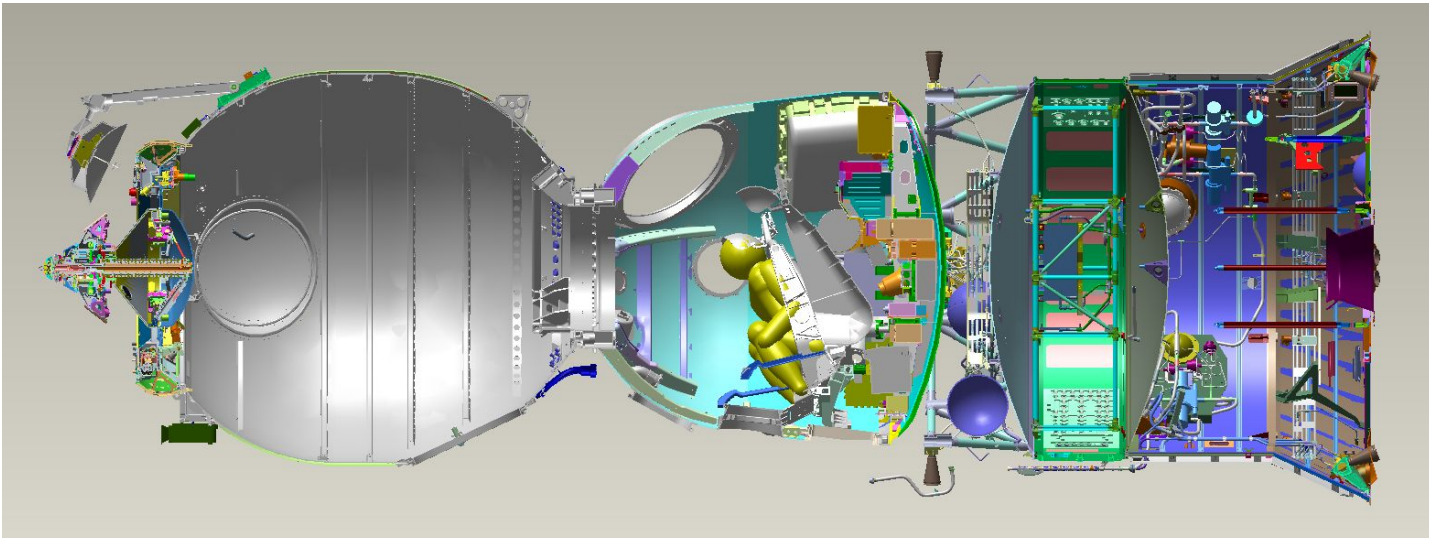
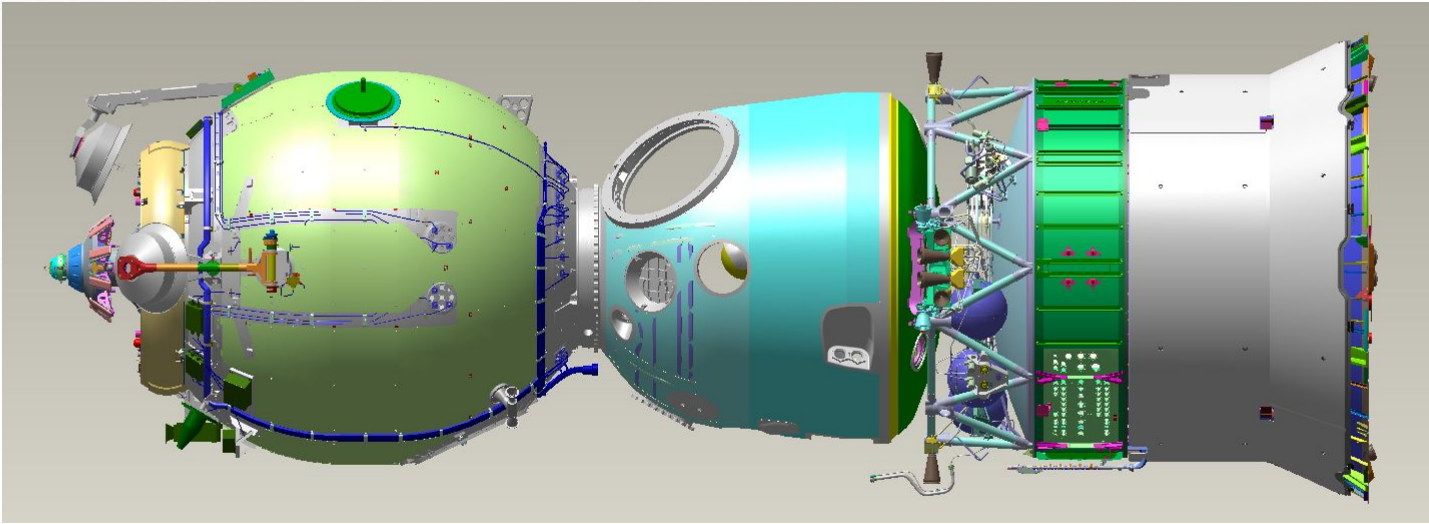
- Астрофизическая аппаратура
- Аппаратура для изучения Земли
- Аппаратура для технологических исследований
- ...
- Аппаратура для медико-биологических исследований

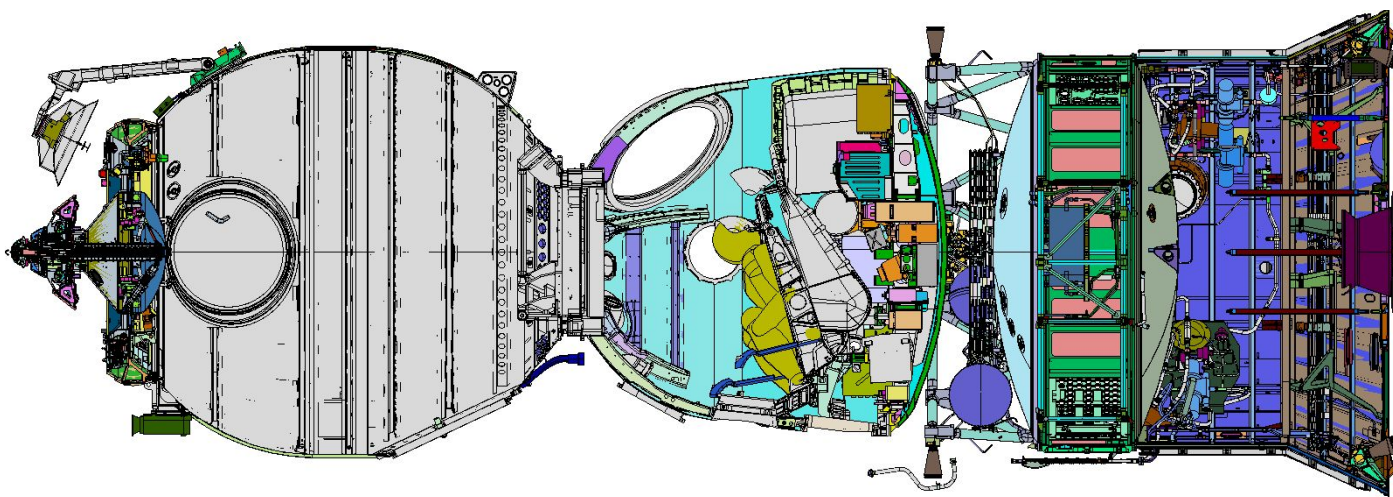
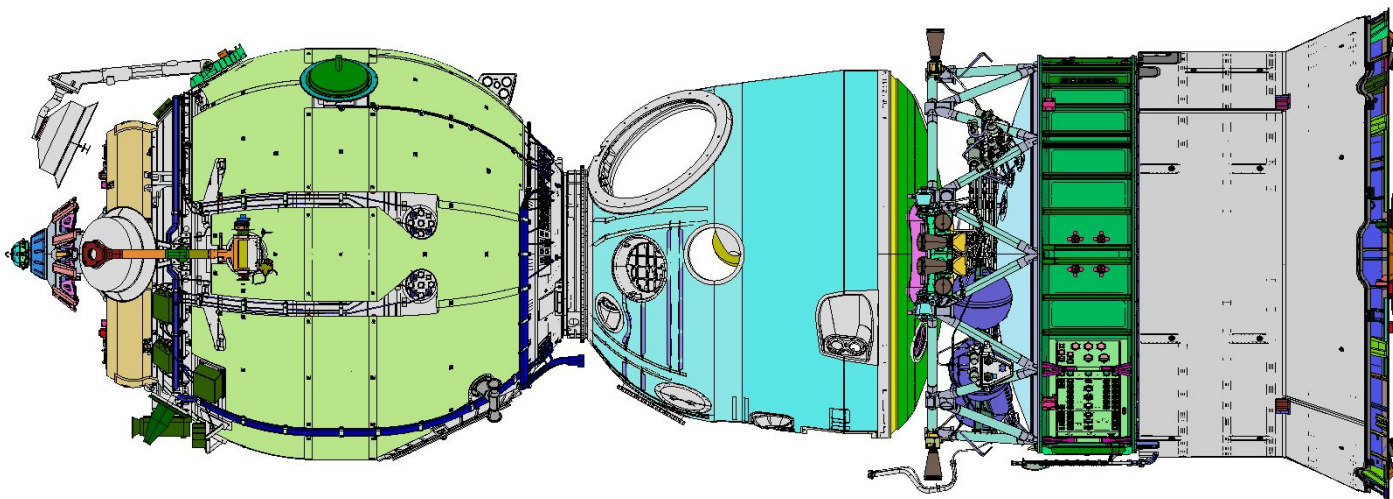
Конструкция ТПК «Союз»

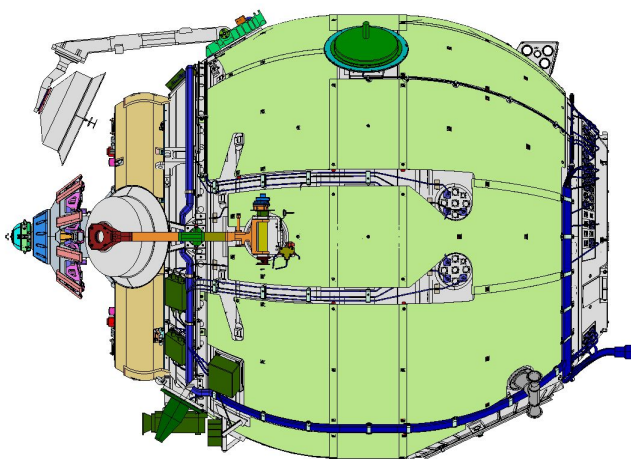
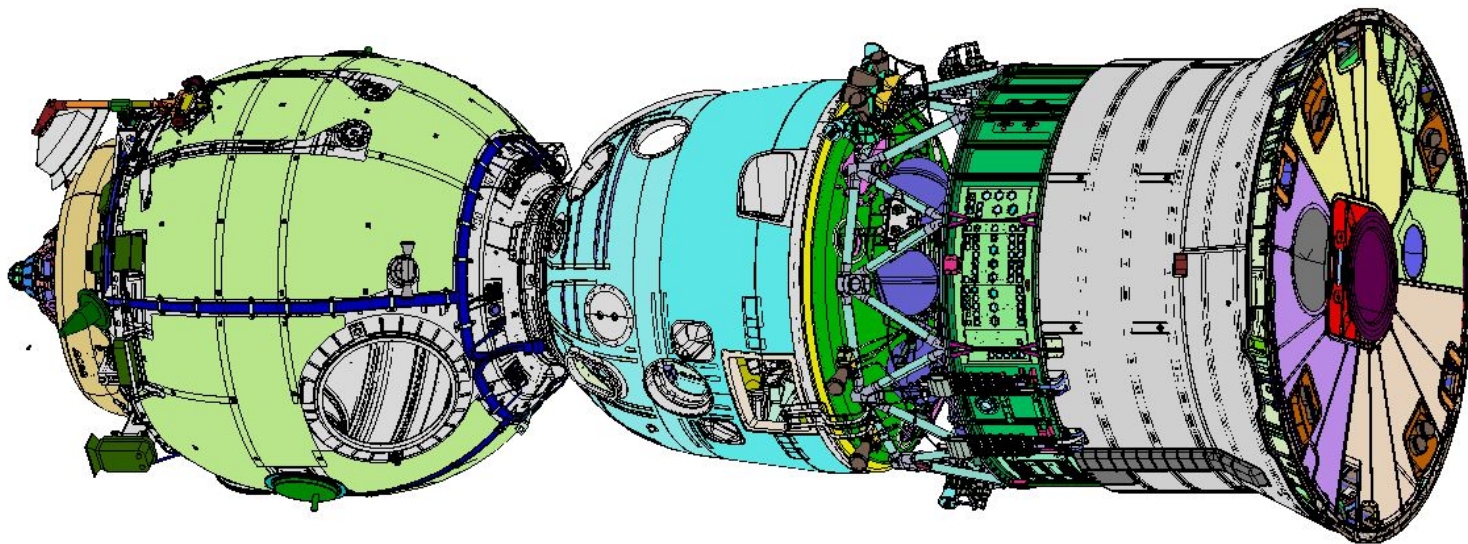


1. Стыковочный аг
2. Спускаемый агп
3. Переходный отс
4. Приборный отсе
5. Агрегатный отсек
6. Бытовой отсек
7. Посадочный люк
8. Оптический визир пилота

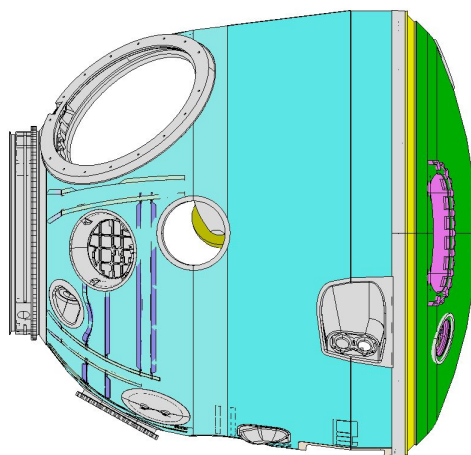




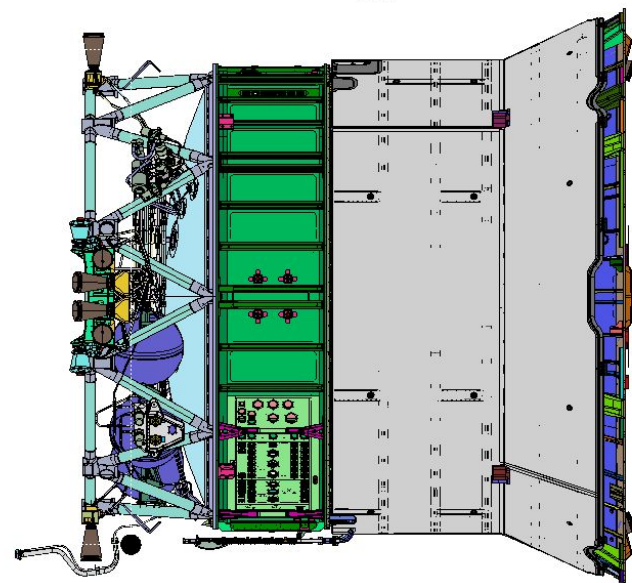




Бытовой отсек



Спускаемый аппарат

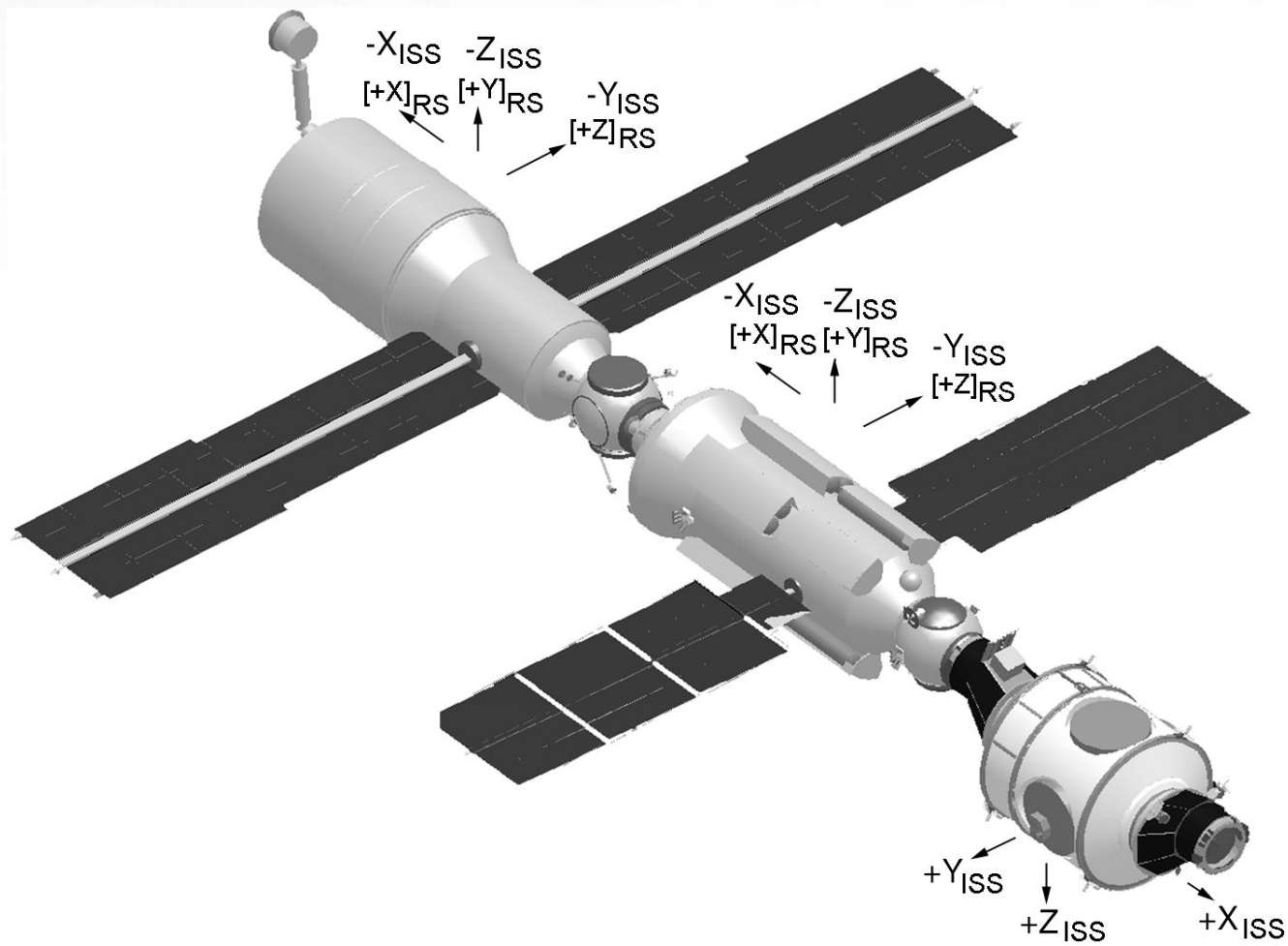


Агрегатный отсек

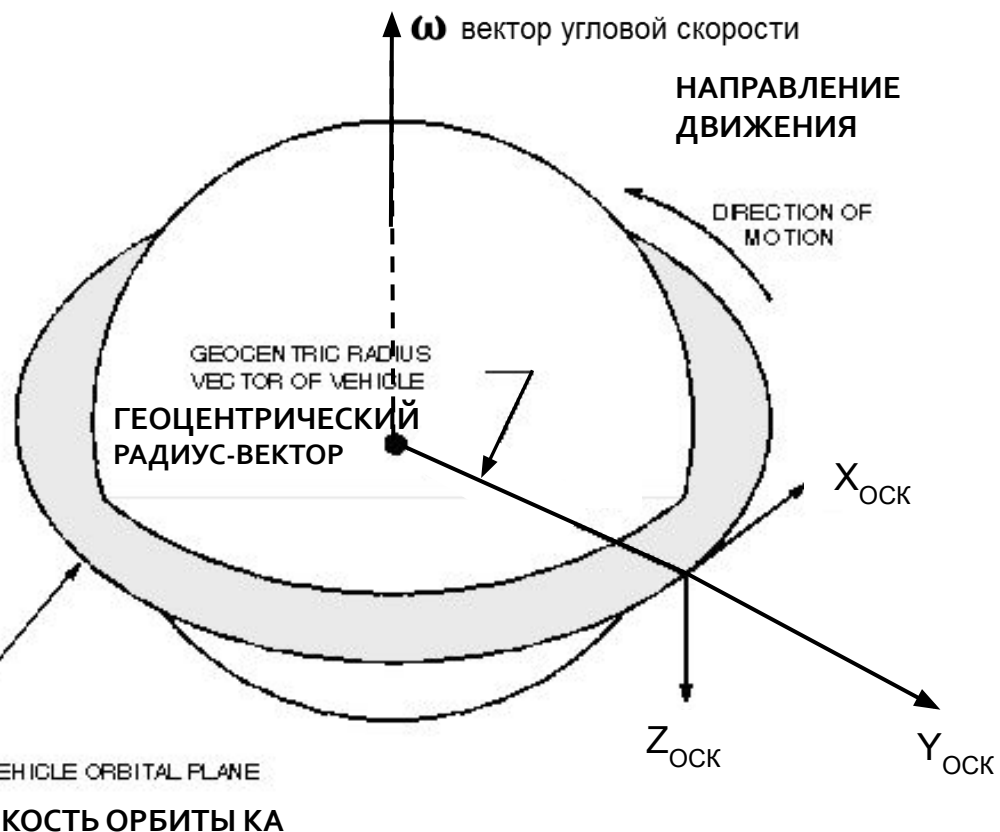
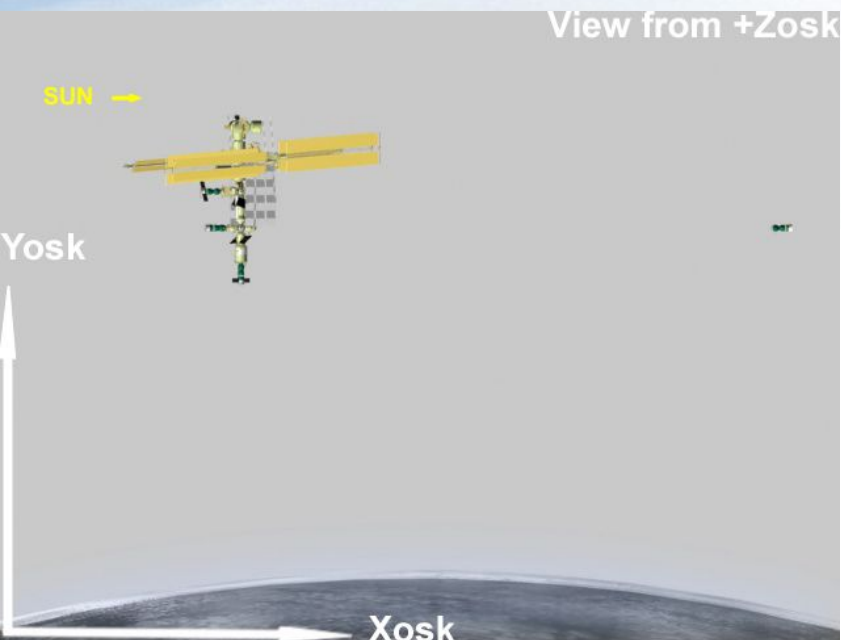
Задачи СУДН

Объект управления	Основные задачи
Система управления движением и навигацией	<ul style="list-style-type: none">• Расчёт ориентации КА относительно опорных систем координат (кинематический контур)• Управление ориентацией и выдача импульсов для коррекции орбиты с помощью исполнительных органов (динамический контур)• Расчёт вектора состояния КА (навигационный контур)• Решение задачи автоматического сближения и стыковки космической станции и кораблей

Система координат МКС



Орбитальная система координат



Центр системы координат совпадает с центром масс КА

Направления осей ОСК

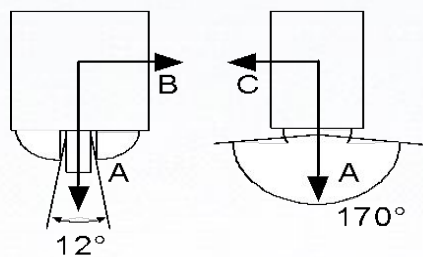
X_{ОСК} по вектору скорости **V**

Y_{ОСК} по геоцентрическому радиус-вектору

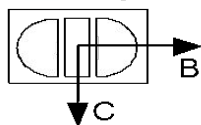
Z_{ОСК} дополняет до правой

VEHICLE ORBITAL PLANE
ПЛОСКОСТЬ ОРБИТЫ КА

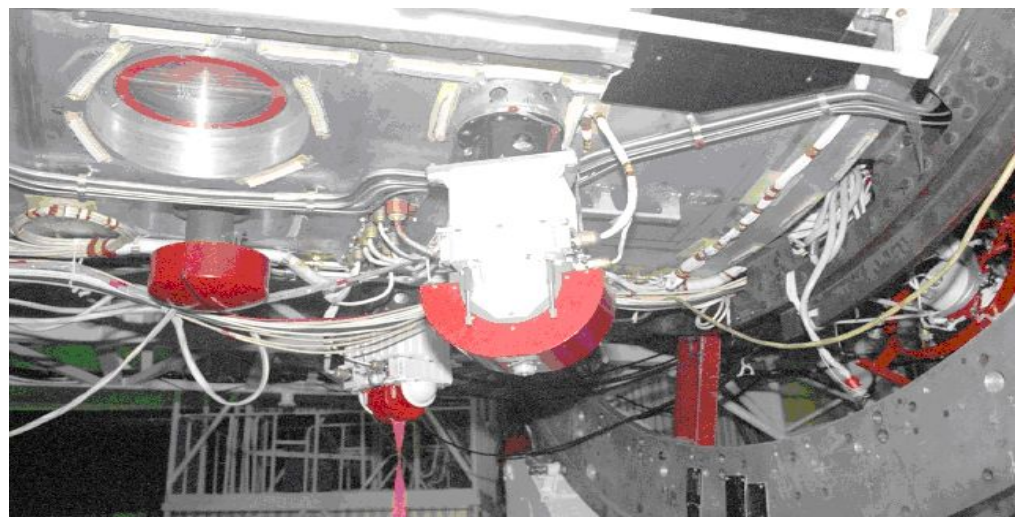
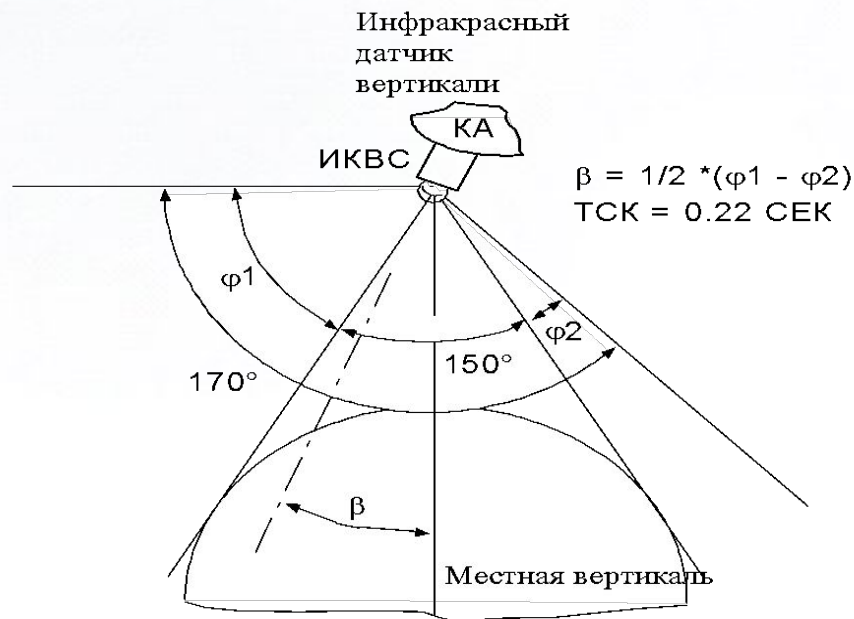
Инфракрасный датчик вертикали



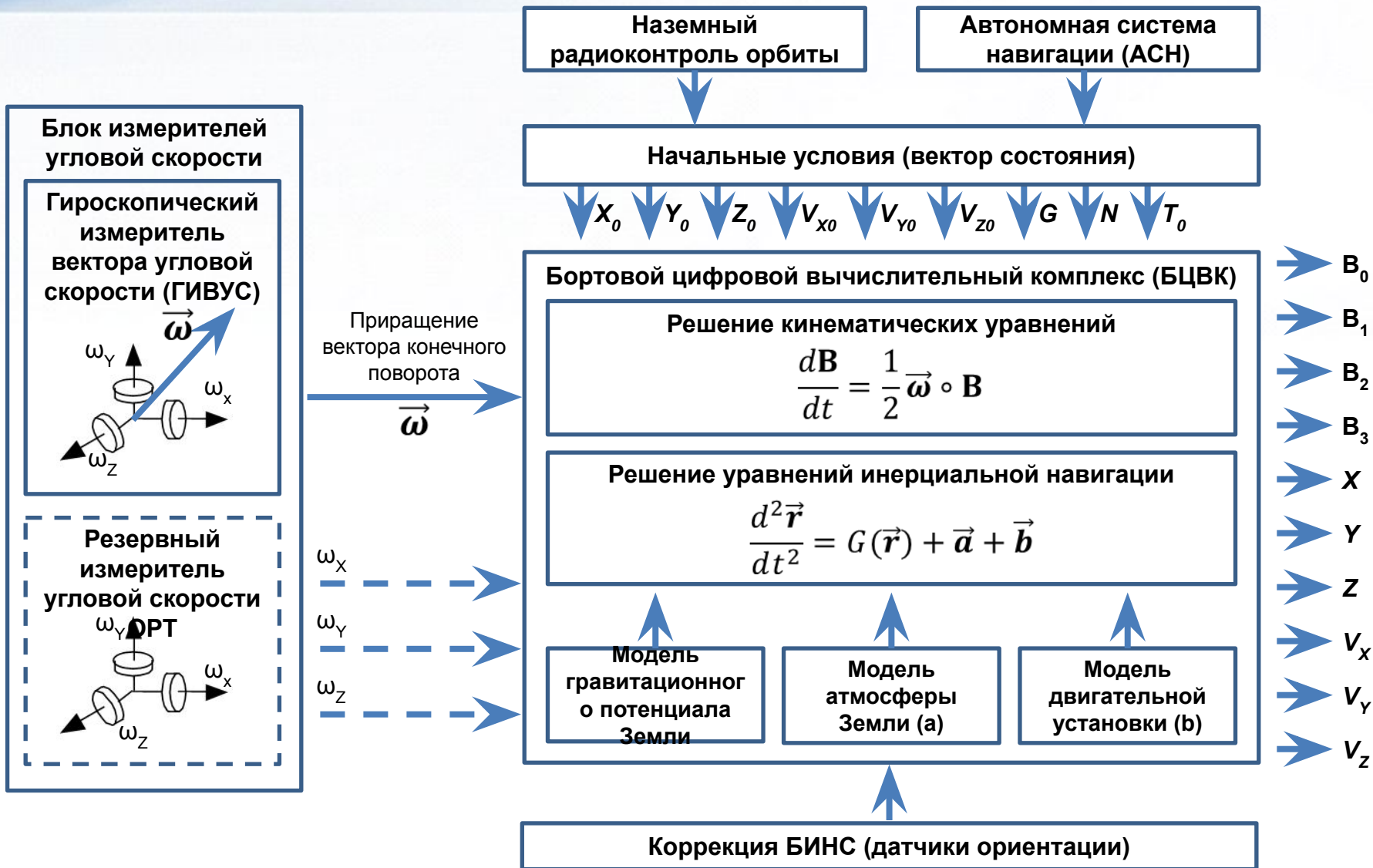
Вид снизу



Ось чувствительности прибора



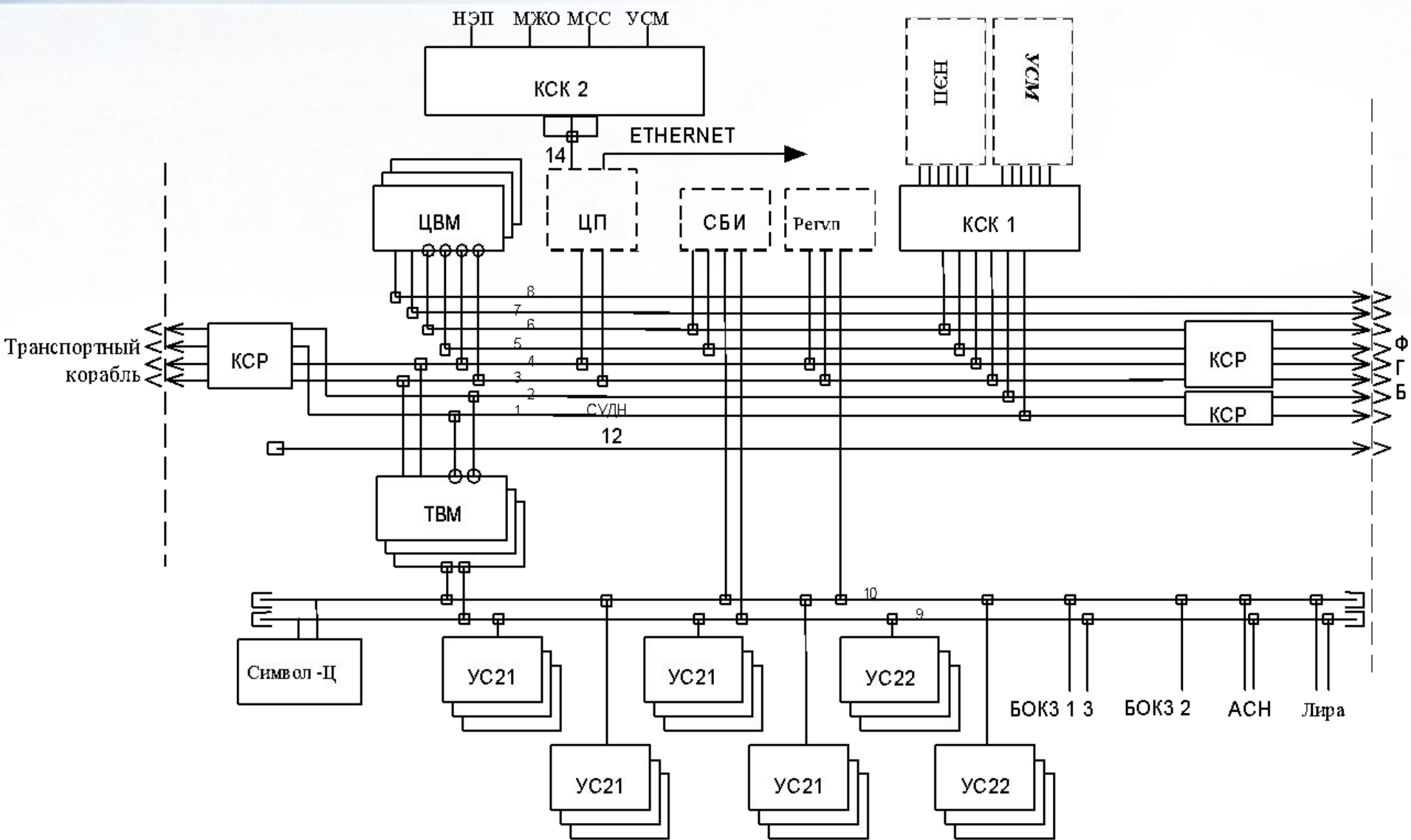
Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС)



Задачи систем БВС и СУБК

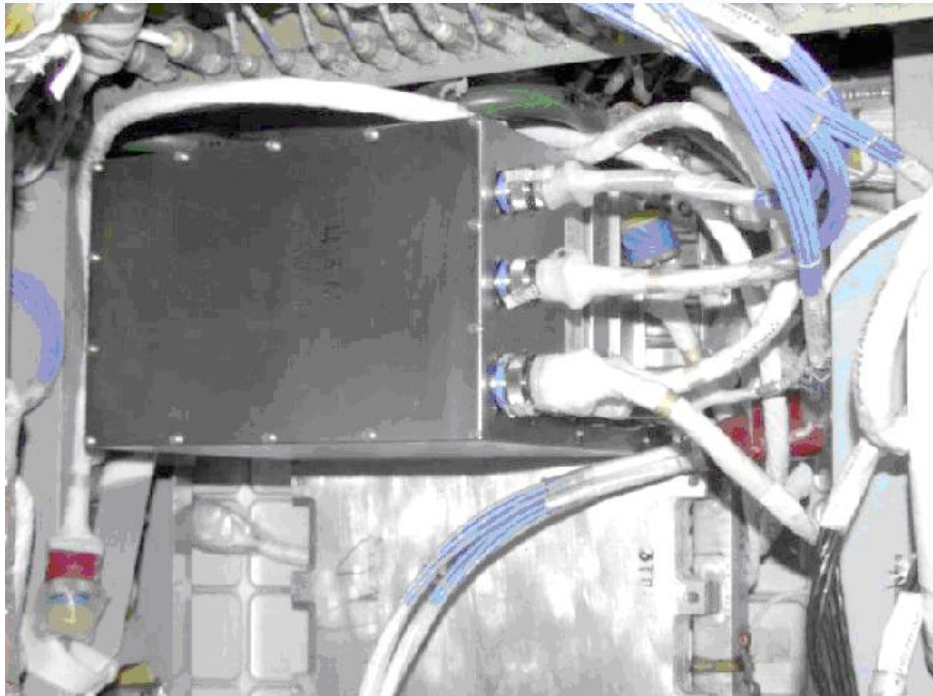
Объект управления	Основные задачи
Бортовая вычислительная система	<ul style="list-style-type: none">• Осуществление программно-логического управления бортовыми системами КА• Организация обмена информацией вычислительной сети бортовых систем посредством интерфейсов• Объединение бортовых систем КА через устройства сопряжения в единый информационно-вычислительный комплекс
Система управления бортовой аппаратурой	<ul style="list-style-type: none">• Распределение электропитания для бортовых систем и научной аппаратуры• Защита сетей от токовых перегрузок• Организация объединённого питания и подзаряда батарей модулей и транспортных кораблей• Формирование интерфейса аварийно-предупредительной сигнализации• Поддержка бортового времени

Схема БВС

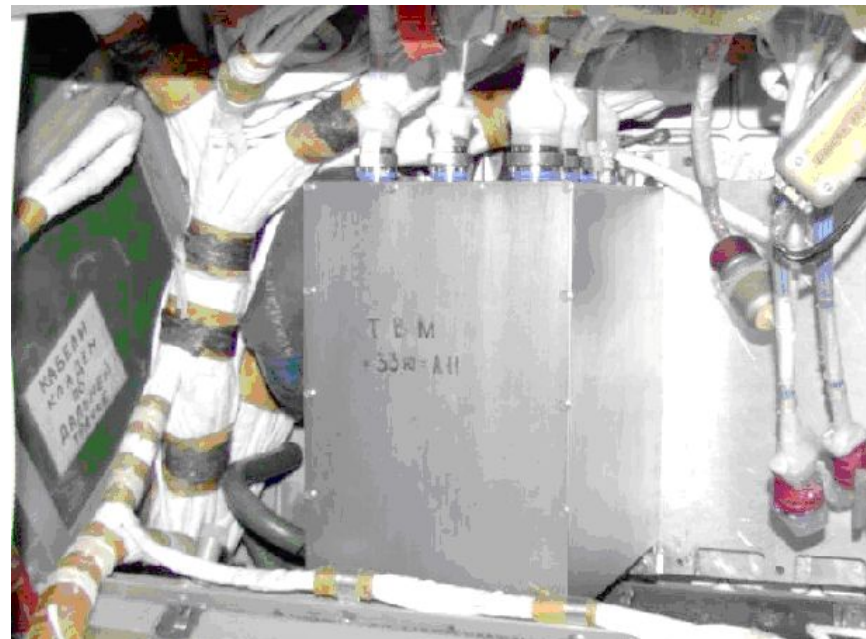


Компоненты БВС

Центральная вычислительная машина

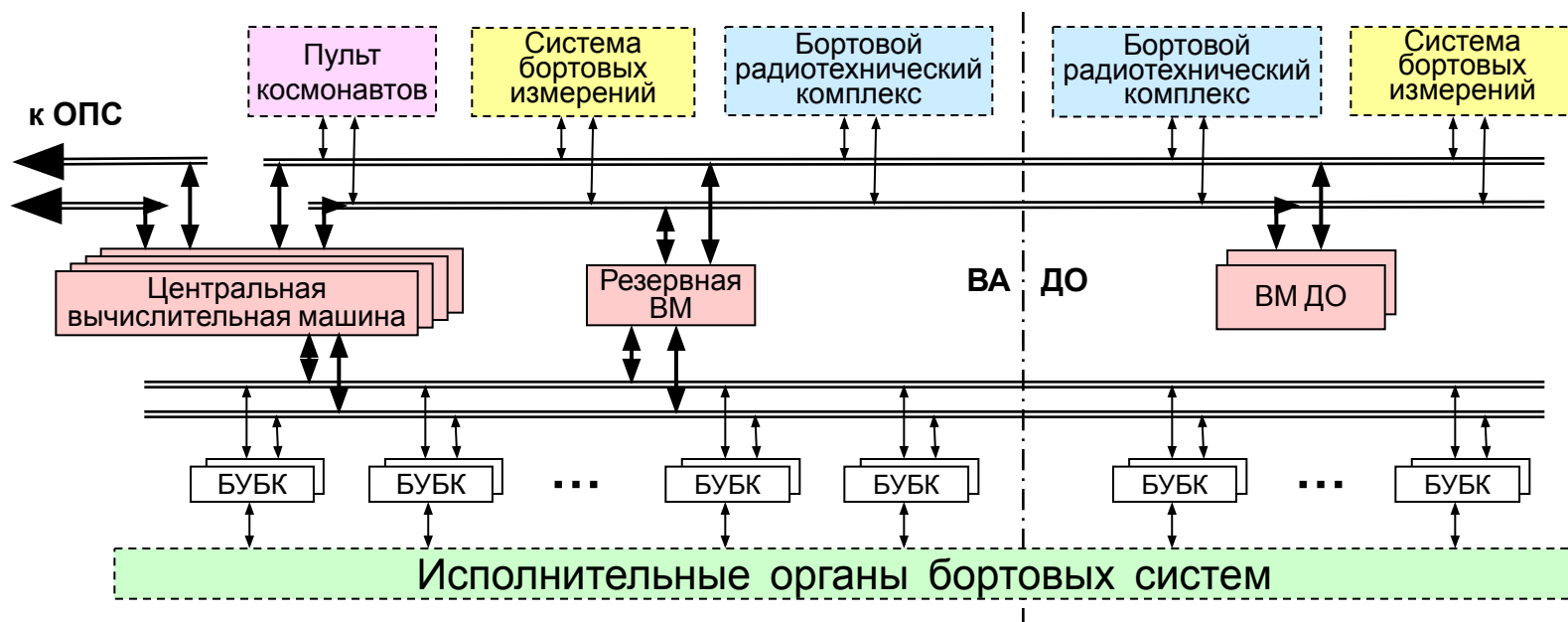


Терминальная вычислительная машина



Система управления бортовой аппаратурой

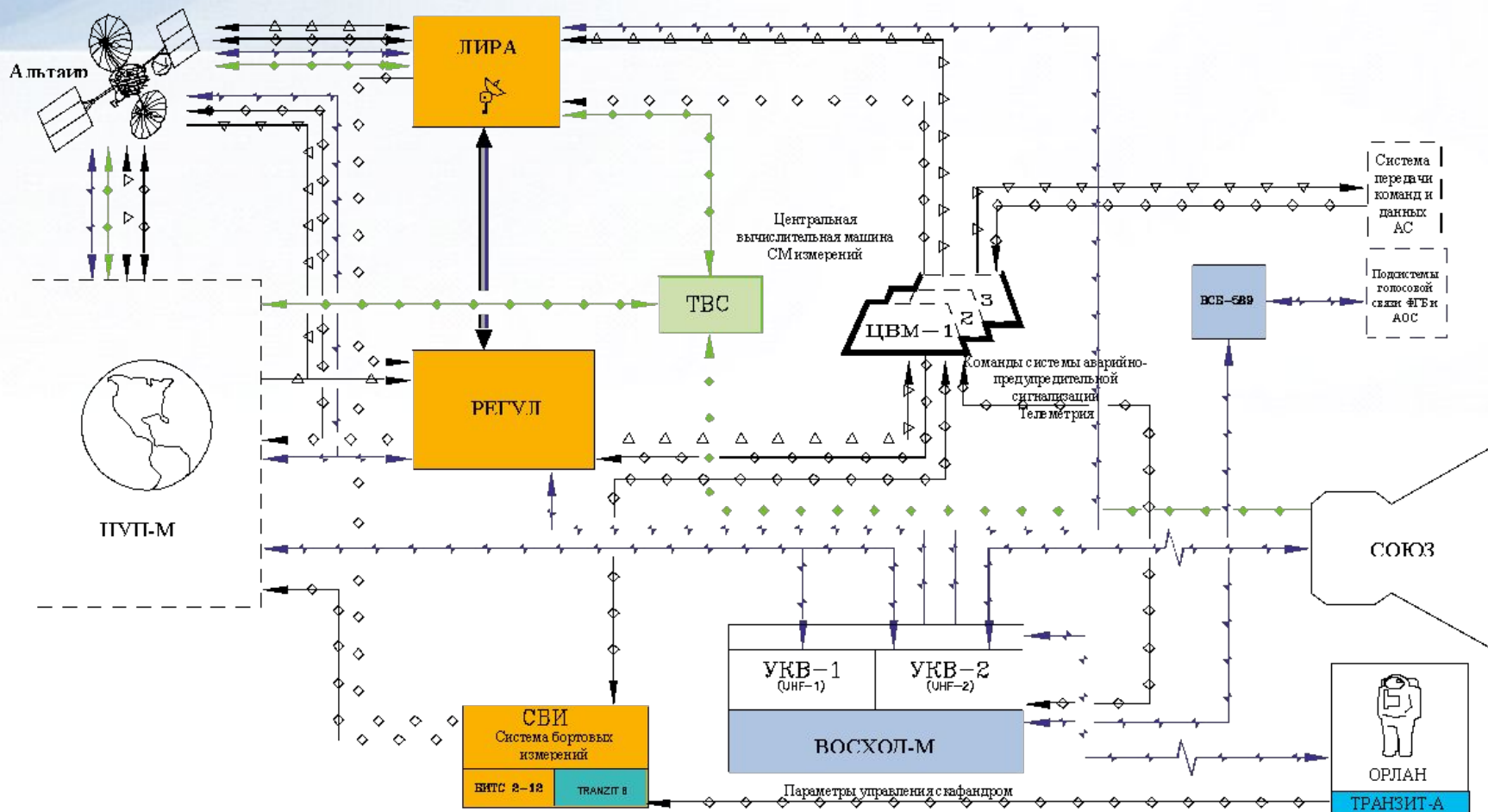
- Обеспечивает во взаимодействии с другими системами организацию основного (автоматического) и резервного (ручного) контуров управления кораблём
- Обеспечивает управление бортовыми системами посредством высокоскоростных цифровых каналов обмена



Задачи БРТК

Объект управления	Основные задачи
Командно-измерительная система	Обеспечение обмена командно-программной информацией и массивами цифровой информации по линии борт-Земля через НИПы и спутниковый контур управления
Телеметрическая система	Сбор информации с бортовых систем КА, ее запись и передача потребителям
Система «Транзит»	Прием, предварительная обработка и передача телеметрической информации от СК «Орлан-М»
Система телефонной связи	Обеспечение радиосвязью экипажа КА с Землей, между членами экипажа и Землей при выходе в космос, между экипажами станции и пилотируемых кораблей, обеспечение ТОРУ грузовых кораблей
Телевизионная система	Передача с борта РС МКС на Землю телевизионной информации и прием по линии «борт-борт»
РКО	Обеспечение режима радиоконтроля орбиты

Схема БРТК



LEGEND: УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- ▲— = Контактная МКС
- = Оперативная телеметрия с МКС
- = Задние аналоговые каналы с МКС
- = Электронные фидеры
- △— = Электронные фидеры, содержащие фидеры телеграфной связи
- = Голосовая связь
- ◆— = Сигналы оповещения и предупреждения
- ◇— = Видеосвязь
- = Оперативные данные по экспериментам

—С	—С
—А	—А = Бортовое распределительное устройство аудио (или голосовой) связи
—В	—В = Бортовое распределительное устройство видеосвязи
—Б	—Б = Подсистема связи «борт - борт»
—И	—И = Интерфейсная система для подсистемы связи АСС

Задачи СОТР и ЭМС

Система	Основные задачи
Система обеспечения теплового режима	<ul style="list-style-type: none">• Обеспечение температурно-влажностного режима газовой среды и элементов конструкции, излучение избыточного тепла в космос• Обеспечение циркуляции воздуха в жилых отсеках и приборных зонах• Прокачка, охлаждение и осушка воздуха в жилых отсеках• Охлаждение воды, циркулирующей в контуре водяного охлаждения скафандра «Орлан-ДМА»
ССВП, электро-механические системы	<ul style="list-style-type: none">• Обеспечение режимов стыковки, стягивания и расстыковки• Эксплуатации переходных люков• Обеспечение раскрытия элементов конструкции

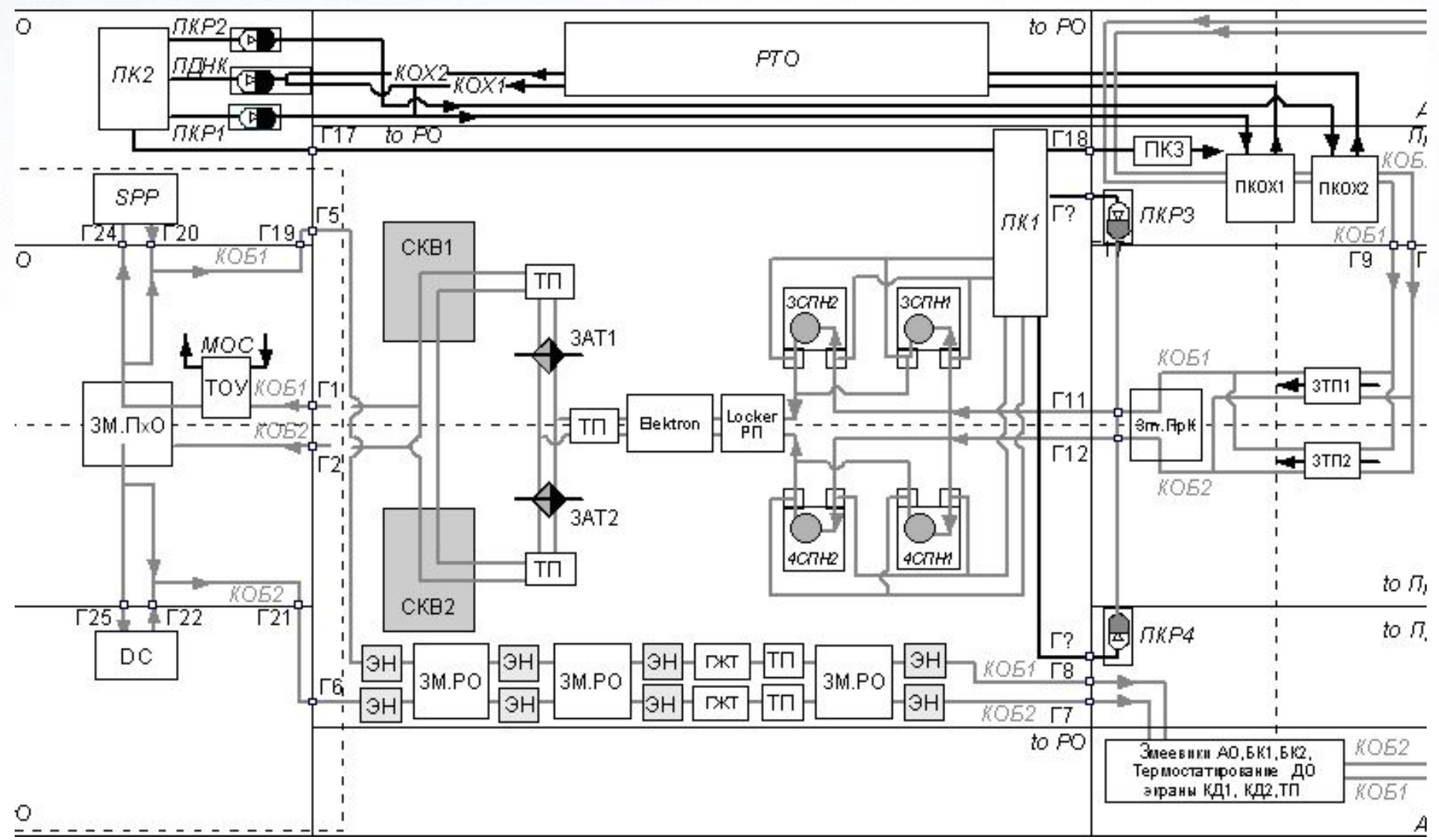
Деление СОТР

Пассивные элементы

Активные элементы

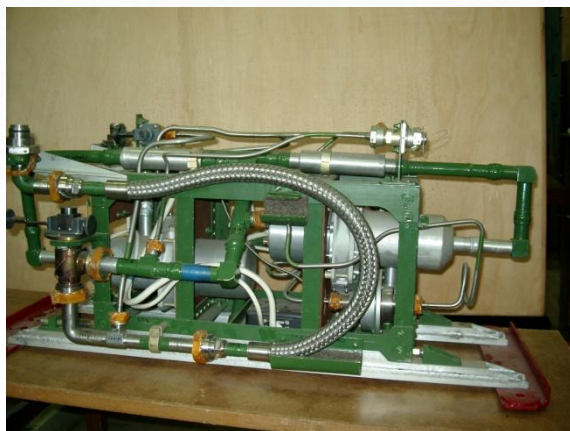


Схема СОТР



Основные агрегаты СОР

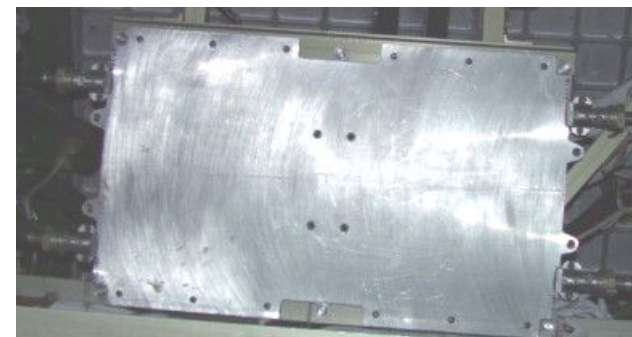
Сменная панель насосов СТР



Сменная панель регулятора расхода жидкости СТР



Термоплата



Расход теплоносителя	170 см ³ /с
Напор	2,7 кгс/см ²
Энергопотребление	270 Вт
Масса	29 кг
Габариты	800x400x400 мм
Разработчик насосов	РКК «Энергия»
Разработчик панели	КБ «Салют»

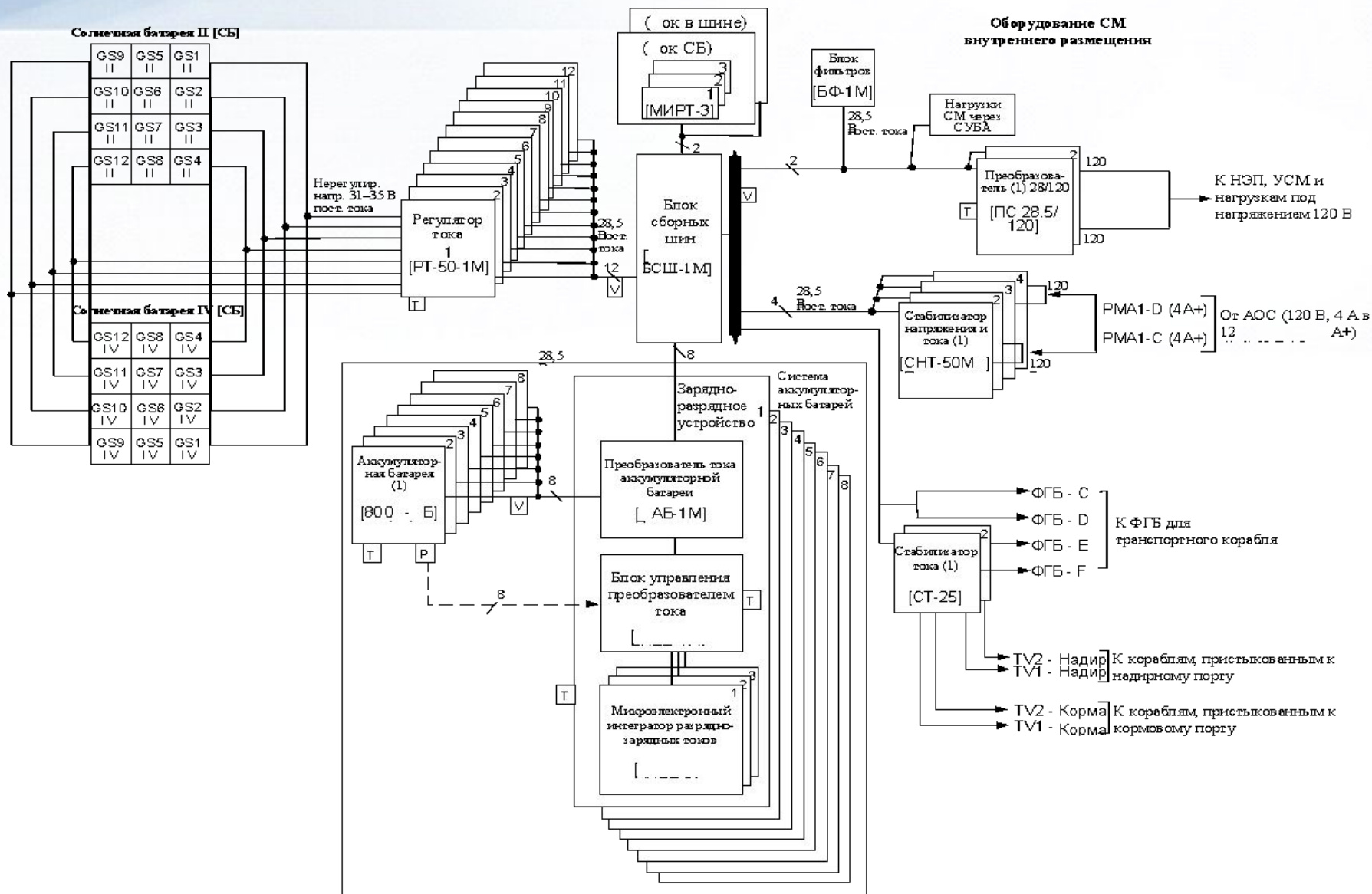
Ресурс	2 000 000 шагов
Энергопотребление	5Вт
Масса	25 кг
Габариты	800x400x259 мм
Разработчик РРЖ	РКК «Энергия»
Разработчик панели	КБ «Салют»

Термостатируются	2 прибора СНТ-50МП
Теплоноситель	«Триол»
Теплосъём	400 Вт
Масса	8.5 кг
Габариты	340x550x22 мм
Разработчик	РКК «Энергия»

Задачи СЭП и СОСБ

Система	Основные задачи
Система электропитания	<ul style="list-style-type: none">• Обеспечение электроэнергией потребителей на СМ, а также на пристыкованных кораблях и модулях при их нахождении на объединённом питании• Приём электроэнергии от шин СЭМ АС МКС через стабилизаторы напряжения и тока СНТ-50 ПМ и передача ее потребителям на РС МКС
Система ориентации солнечных батарей	<ul style="list-style-type: none">• Ориентация на Солнце панелей СБ поворотом вокруг их продольных осей• Установки панелей СБ в заданные положения• Обеспечение передачи электрической энергии с панелей СБ на шины СЭП СМ

Общий вид системы электропитания

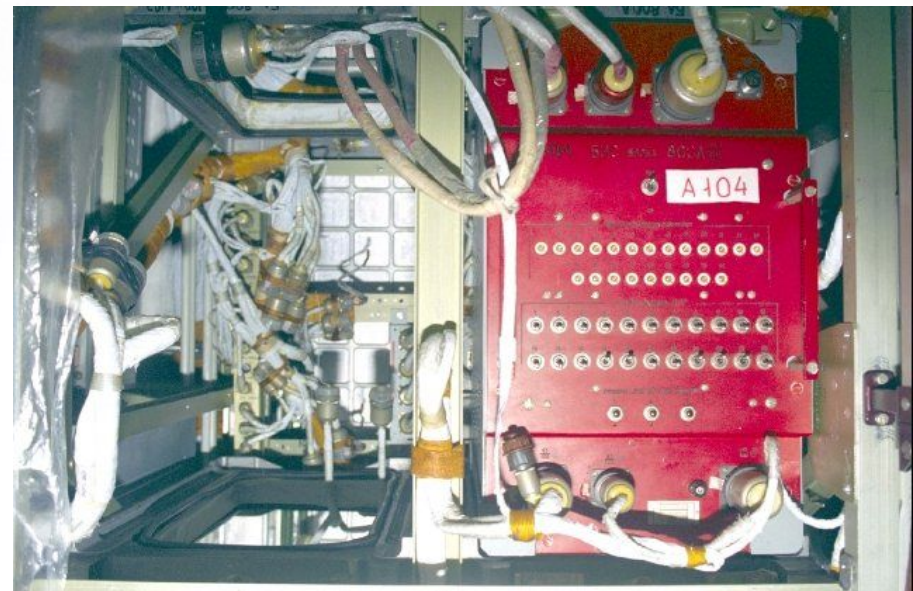


Блоки СЭП

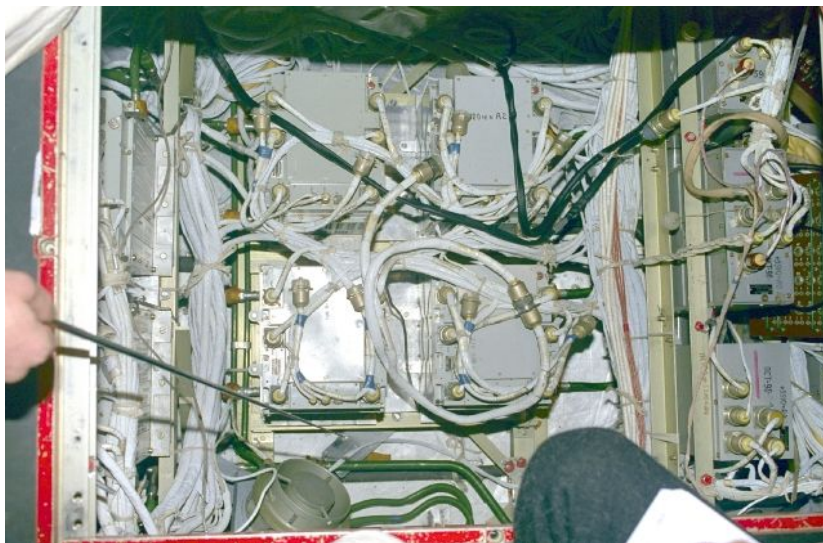
Регулятор тока



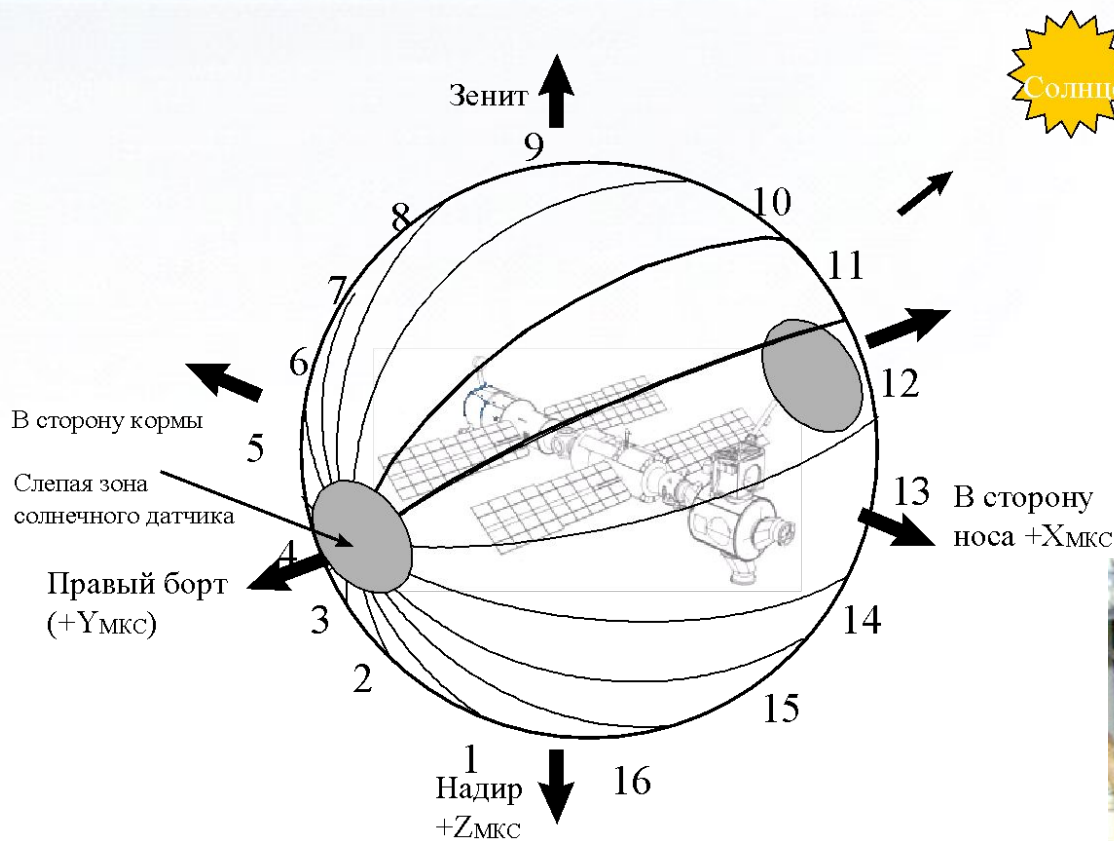
Аккумуляторная батарея



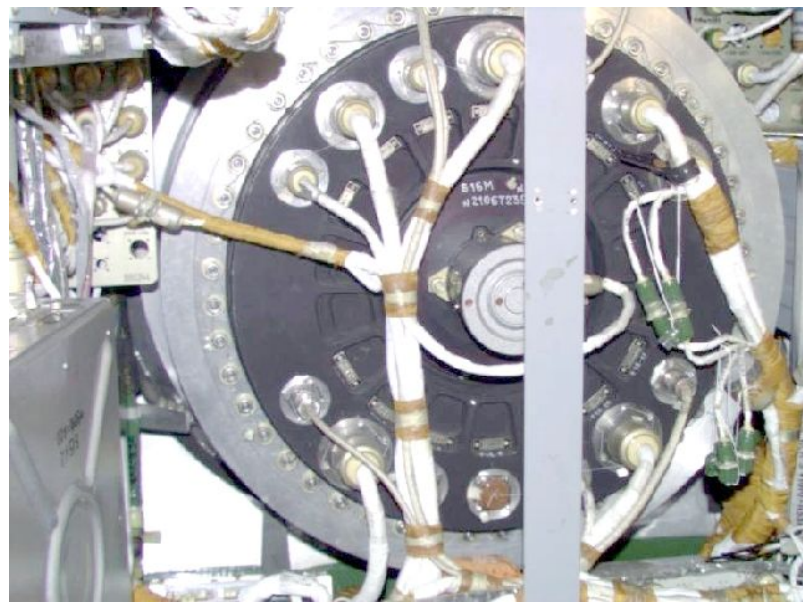
Стабилизатор напряжения и тока



Положения солнечных батарей по отношению к Солнцу

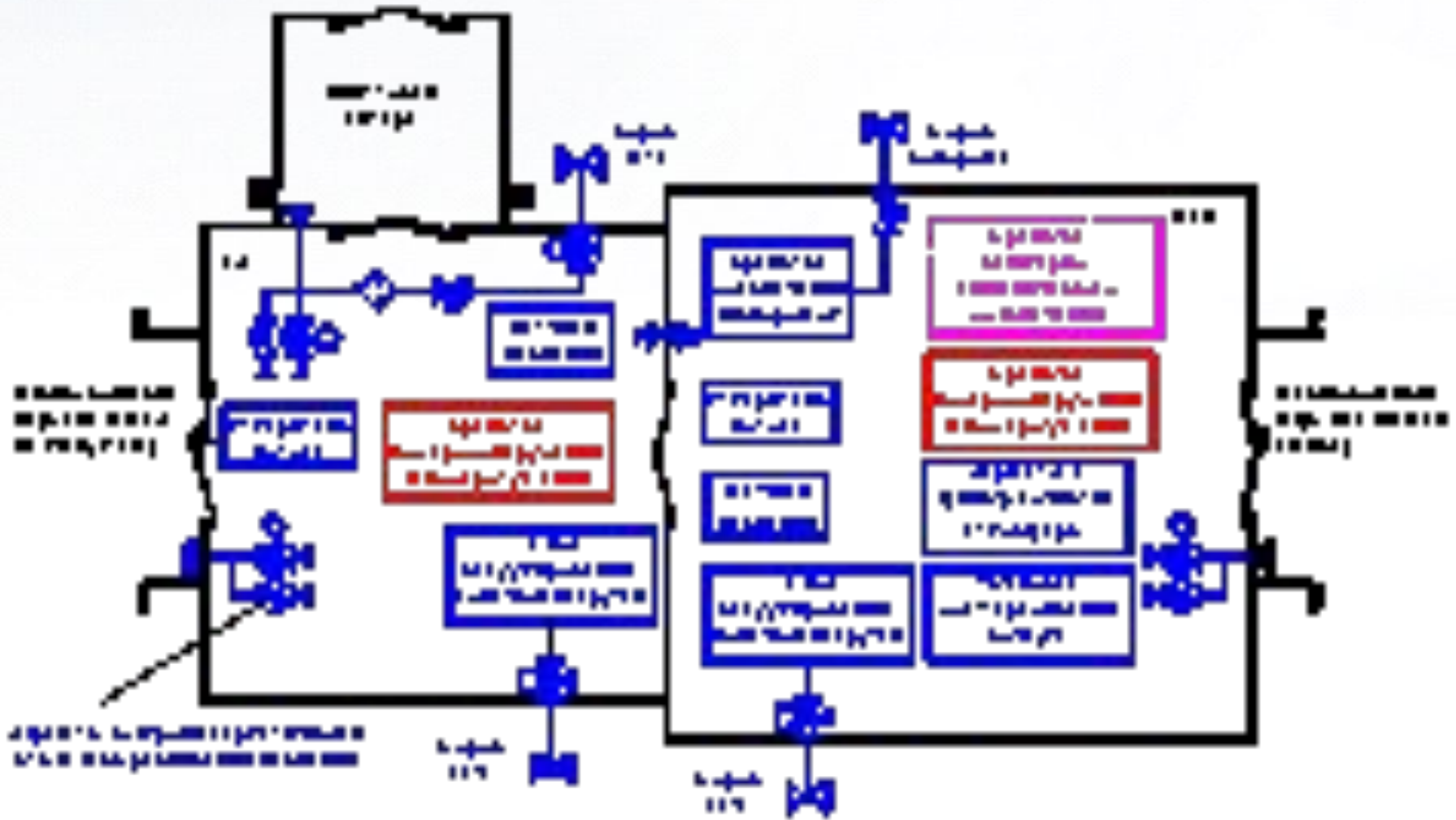


Привод солнечных батарей



Система	Основные задачи
Средства обеспечения газового состава	<ul style="list-style-type: none">• Контроль газового состава атмосферы КА по O₂, CO₂, H₂O, H₂ и CO• Контроль общего давления в отсеках• Выравнивание давления между отсеками• Стравливание давления и наддув при проведении ВКД• Контроль герметичности стыка и переходных люков при стыковке и расстыковке• Обеспечение экипажа кислородом• Удаление из атмосферы углекислого газа, выделяемого экипажем• Удаление вредных газообразных примесей из атмосферы станции

Схема размещения основных элементов СОЖ



Задачи системы ДУ

Объект управления	Основные задачи
Объединённая двигательная установка	Обеспечение коррекции орбиты КА, ориентации МКС, дозаправки топливом баков ОДУ
Система перекачки азота	Откачка азота из газовых полостей дозаправляемых топливных баков в баллоны высокого давления с использованием блоков компрессоров
Система дозаправки	Обеспечение дозаправки станции топливом, обеспечение ОДУ топливом при проведении динамических операций МКС

Принципиальная схема РД с вытеснительной системой подачи топлива

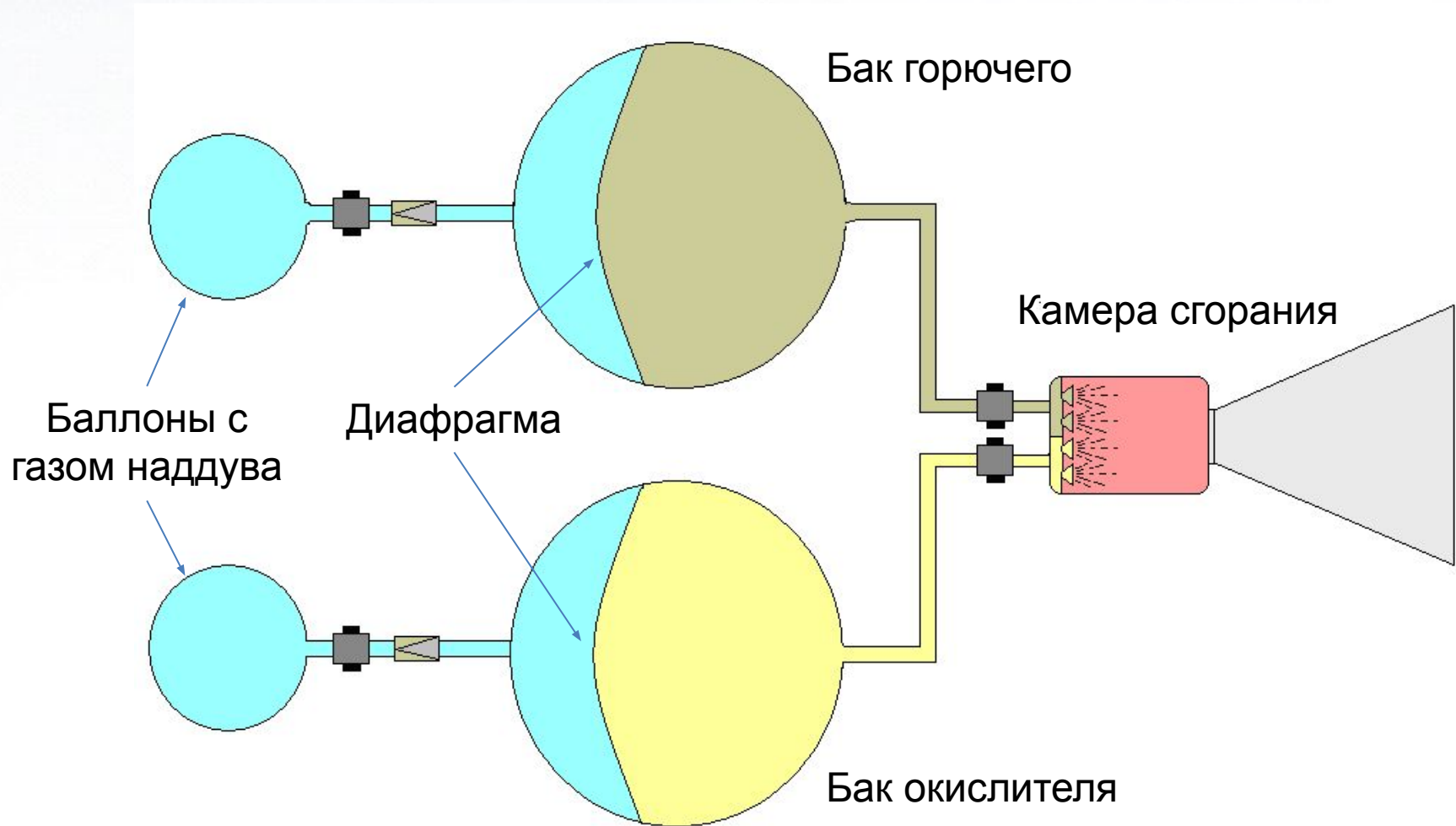
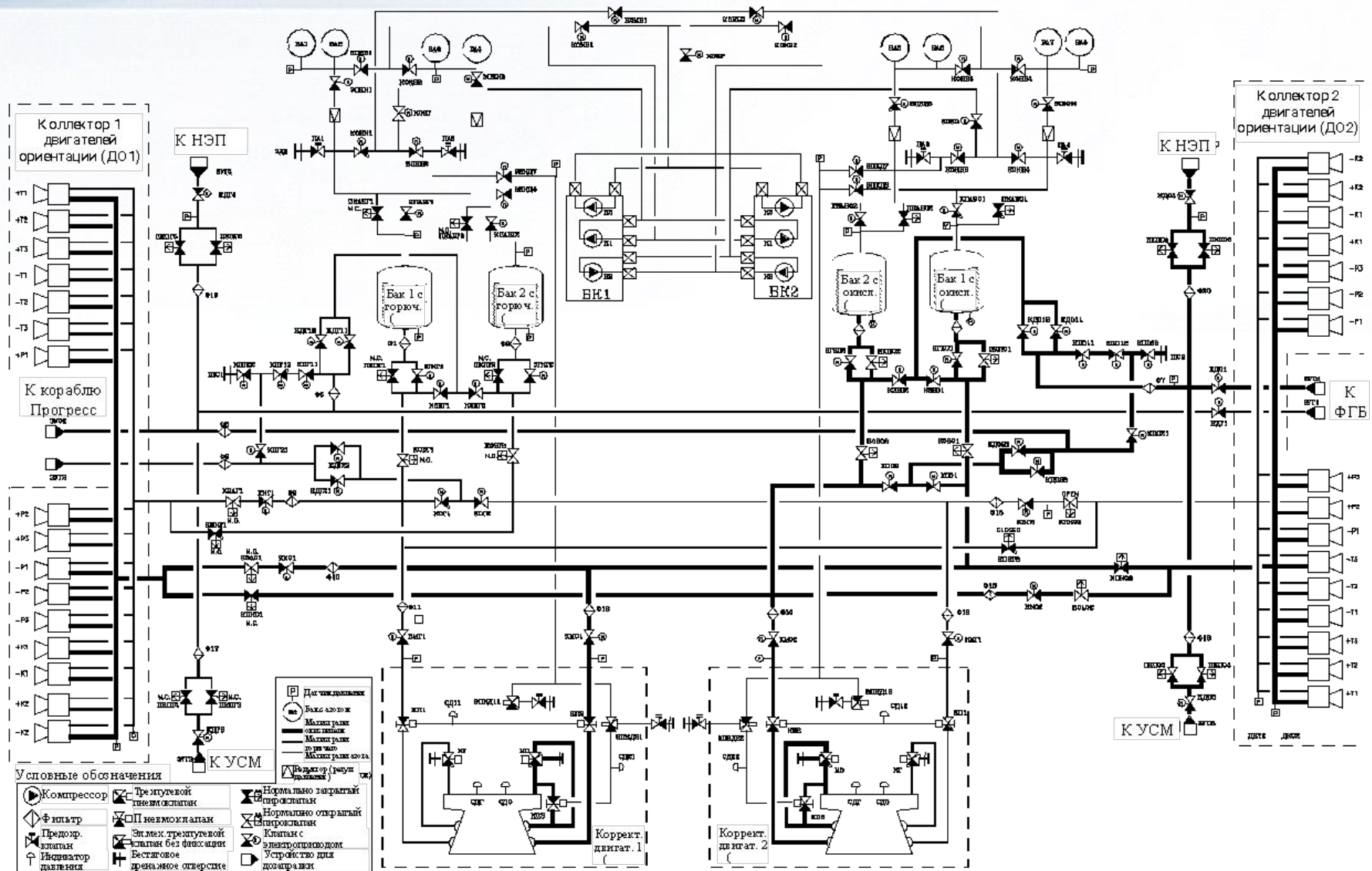
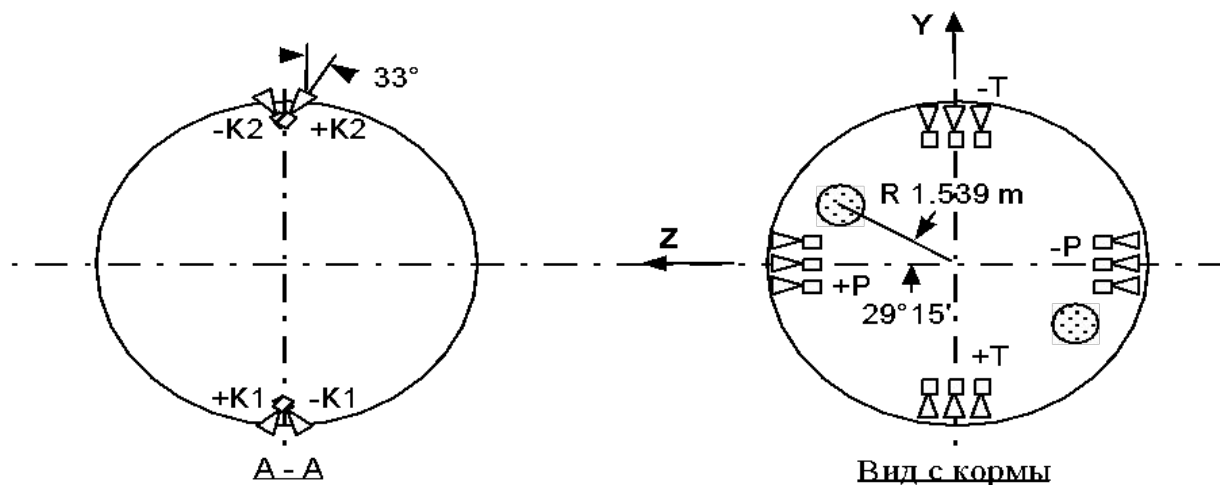
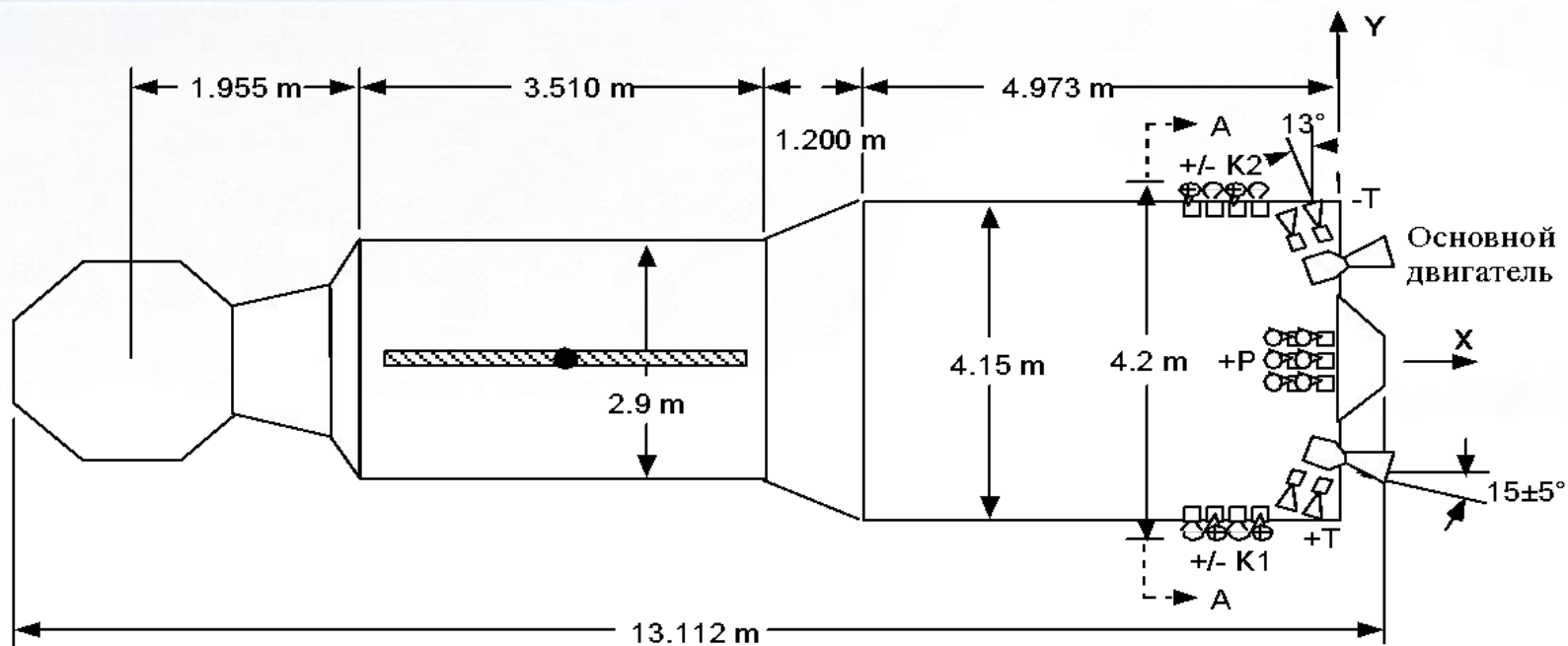


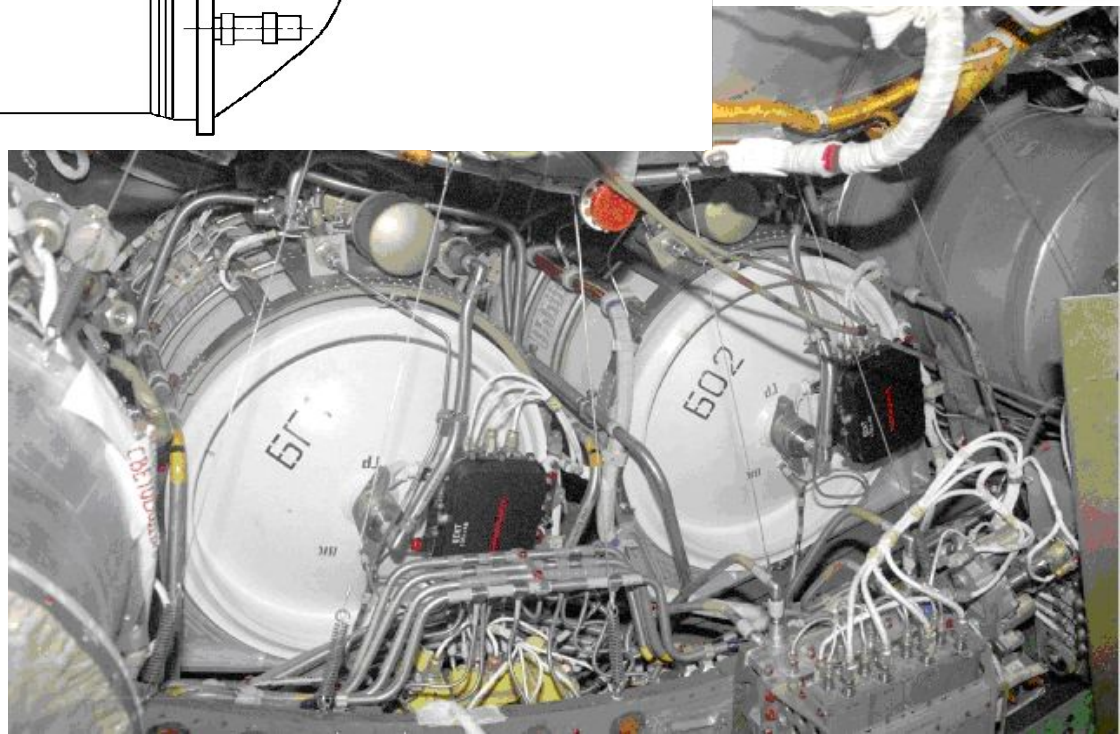
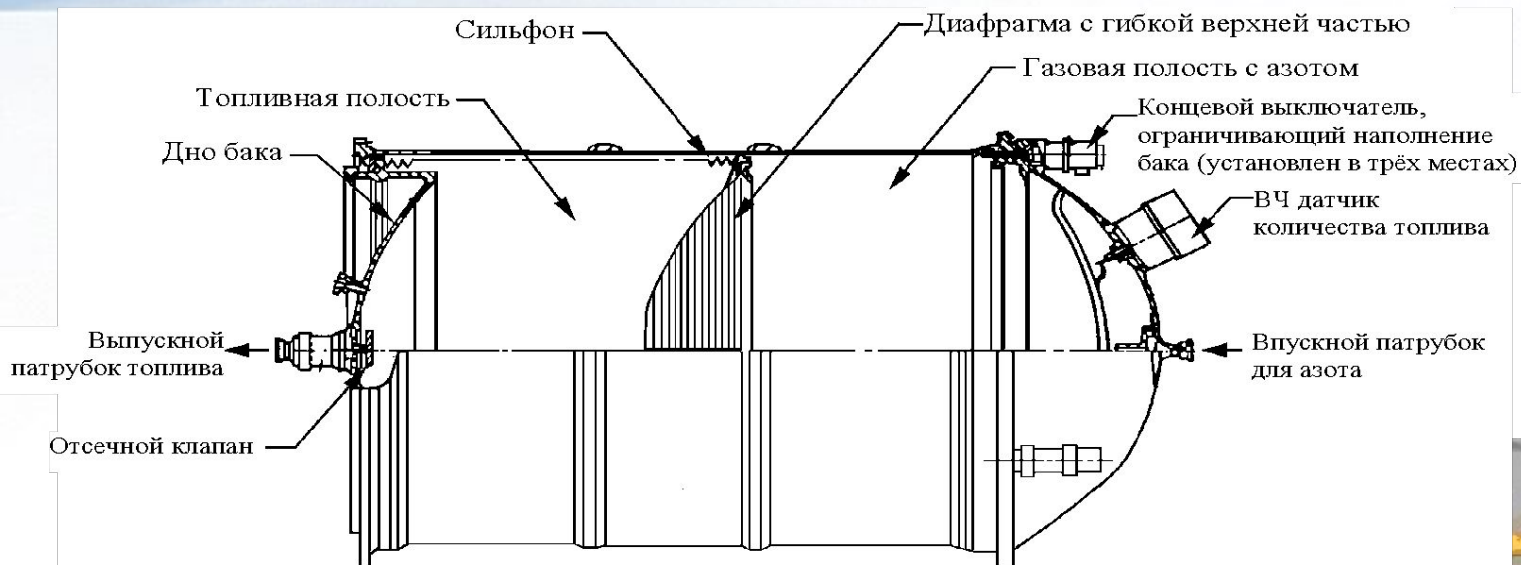
Схема двигательной установки



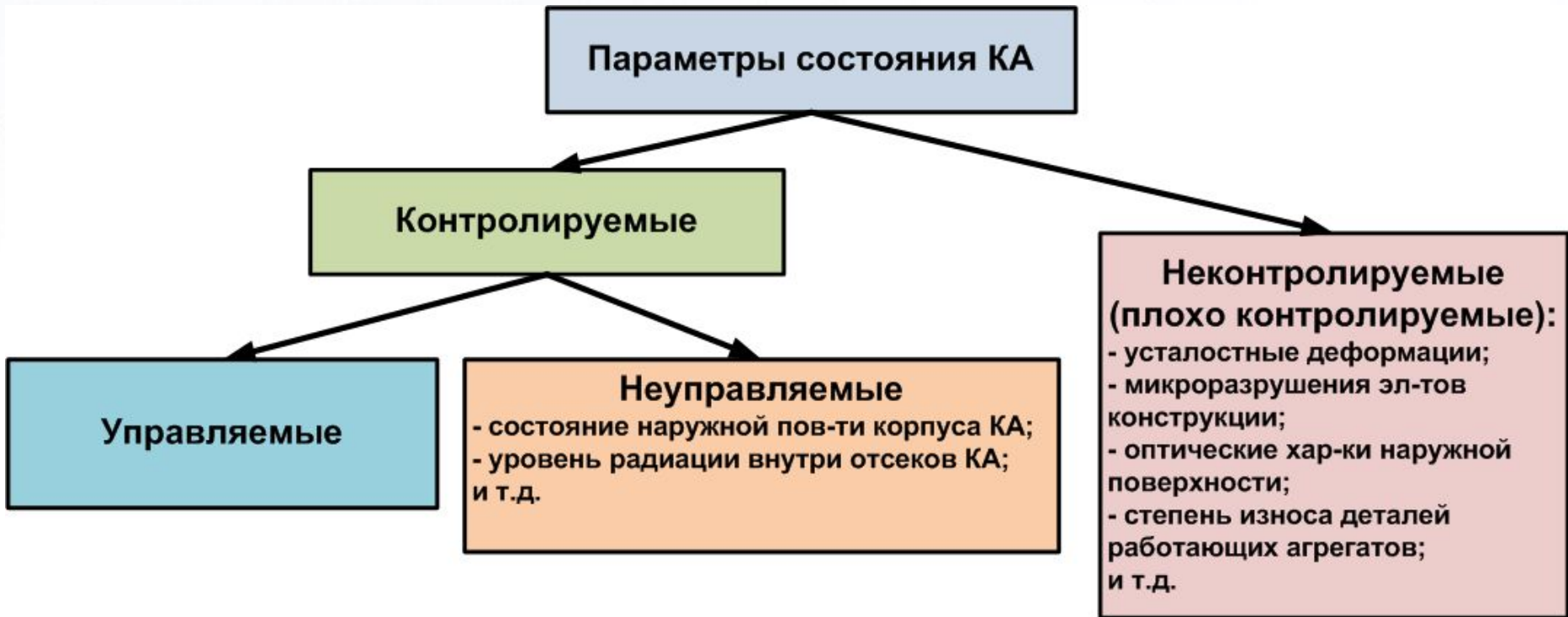
Пример расположения и ориентация основных двигателей и двигателей малой тяги



Топливные баки



Параметры состояния КА



Полетные операции

Полетной операцией называется законченная, строго регламентированная последовательность переходов от одного состояния КА к другому, приводящая к выполнению одной из задач текущего этапа полета.



Полётные операции могут выполняться во времени как последовательно, так и параллельно, зависимости от необходимости и совместимости.

Система управления полетом

Система управления полетом

```
graph TD; A[Система управления полетом] --> B[Бортовая часть (бортовой комплекс управления)]; A --> C[Наземная часть (наземный комплекс управления)];
```

Бортовая часть
(бортовой комплекс управления)

- Бортовая вычислительная система;
- Система управления движением и навигации
- Коммутационная система

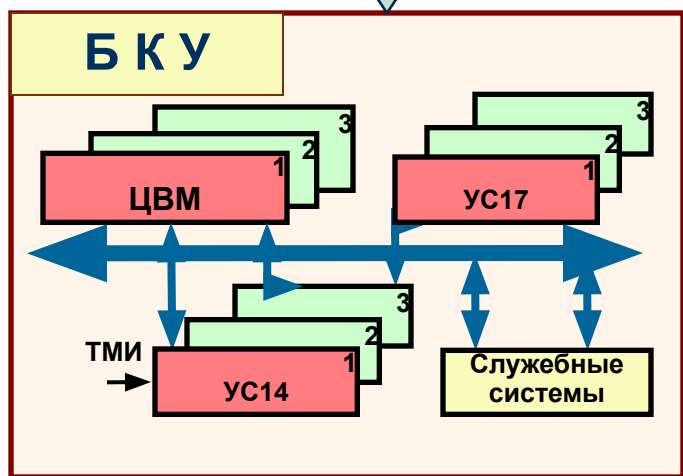
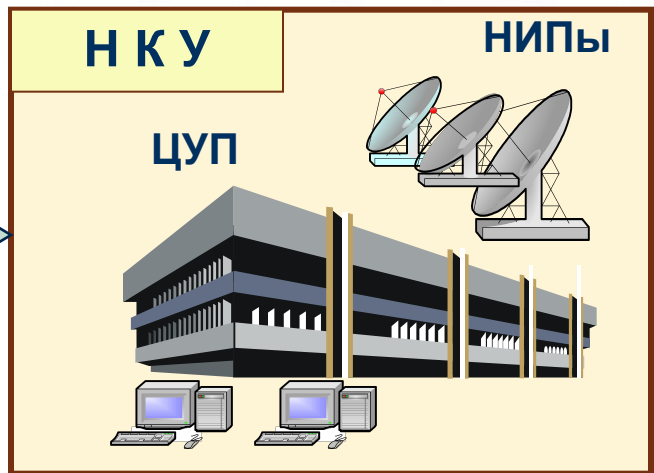
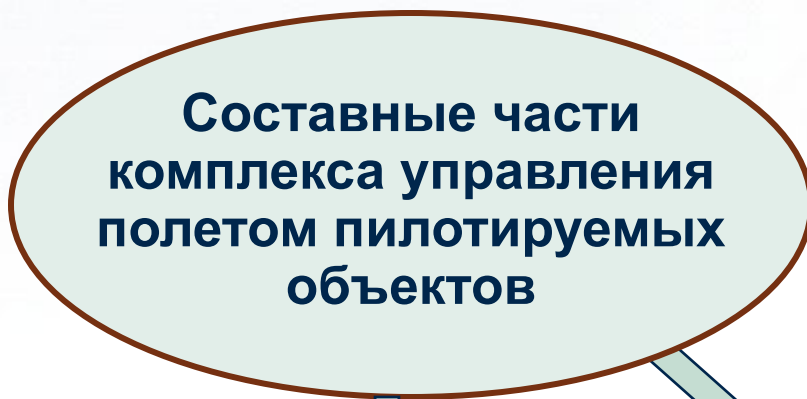
Наземная часть
(наземный комплекс управления)

- Центр управления полётом;
- Наземные измерительные пункты;
- Система сбора и передачи данных;
- Моделирующие стенды (КМС);
- Центры сбора данных и управления полезной нагрузкой и т.д.

Информация, циркулирующая в контуре управления

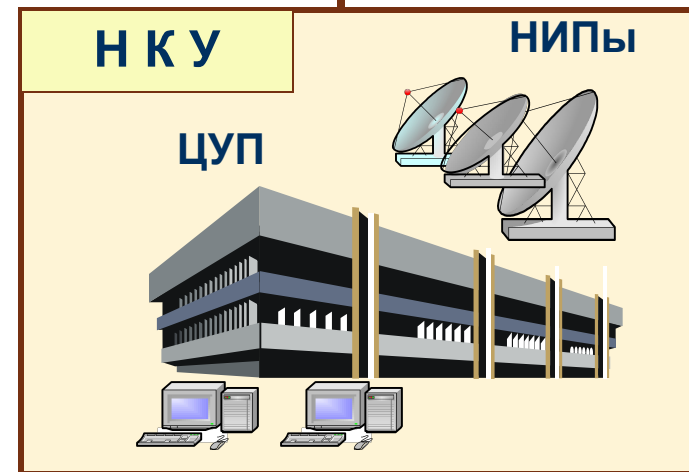
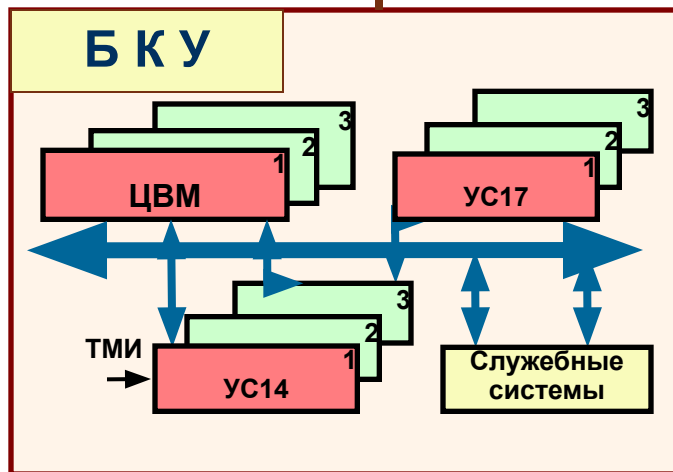
- **Информация, циркулирующая внутри КА:**
 - информация о состоянии БС КА, поступающая с датчиков в бортовую ЦВМ и управляющие воздействия в обратном направлении.
- **Информация, циркулирующая между КА и ЦУП:**
 - информация о состоянии БС КА;
 - управляющие воздействия;
 - баллистико-навигационная информация;
 - телевизионная информация;
 - голосовая связь с экипажем;
 - файлы.

Управление полетом пилотируемых космических аппаратов



Управление полетом автоматических космических аппаратов и средств выведения

Составные части комплекса управления полетом автоматических аппаратов и средств выведения



Конец лекции