

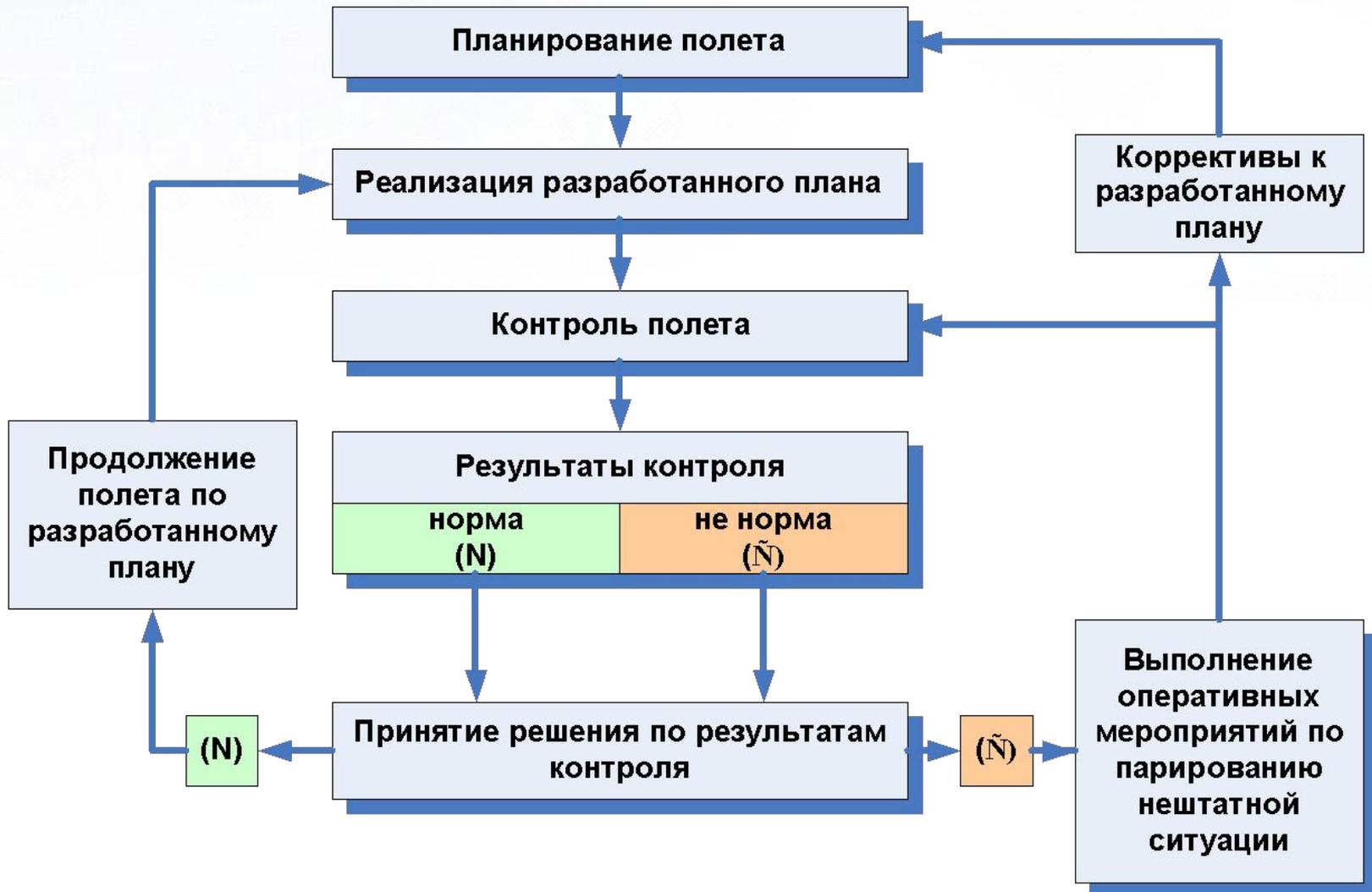
Полеты в космос. Оперативное управление космическими аппаратами

Контроль полета и парирование нештатных
ситуаций

Профессор
Соловьёв

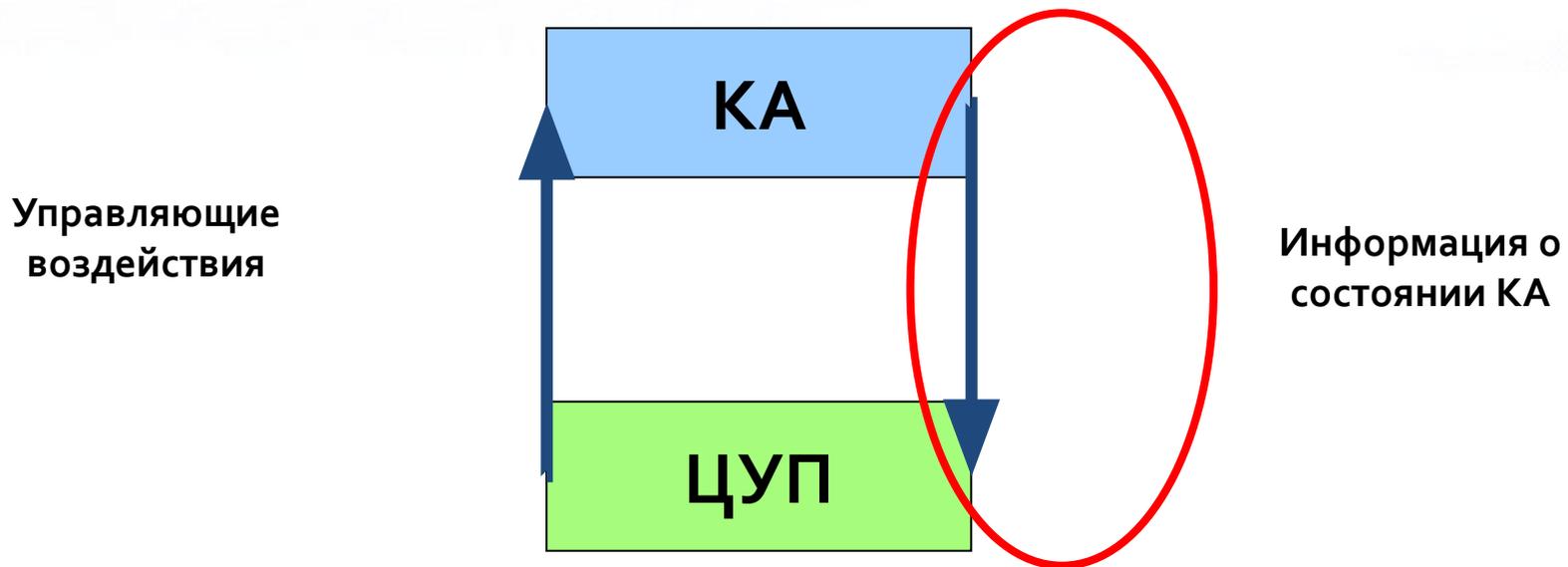
В.А.

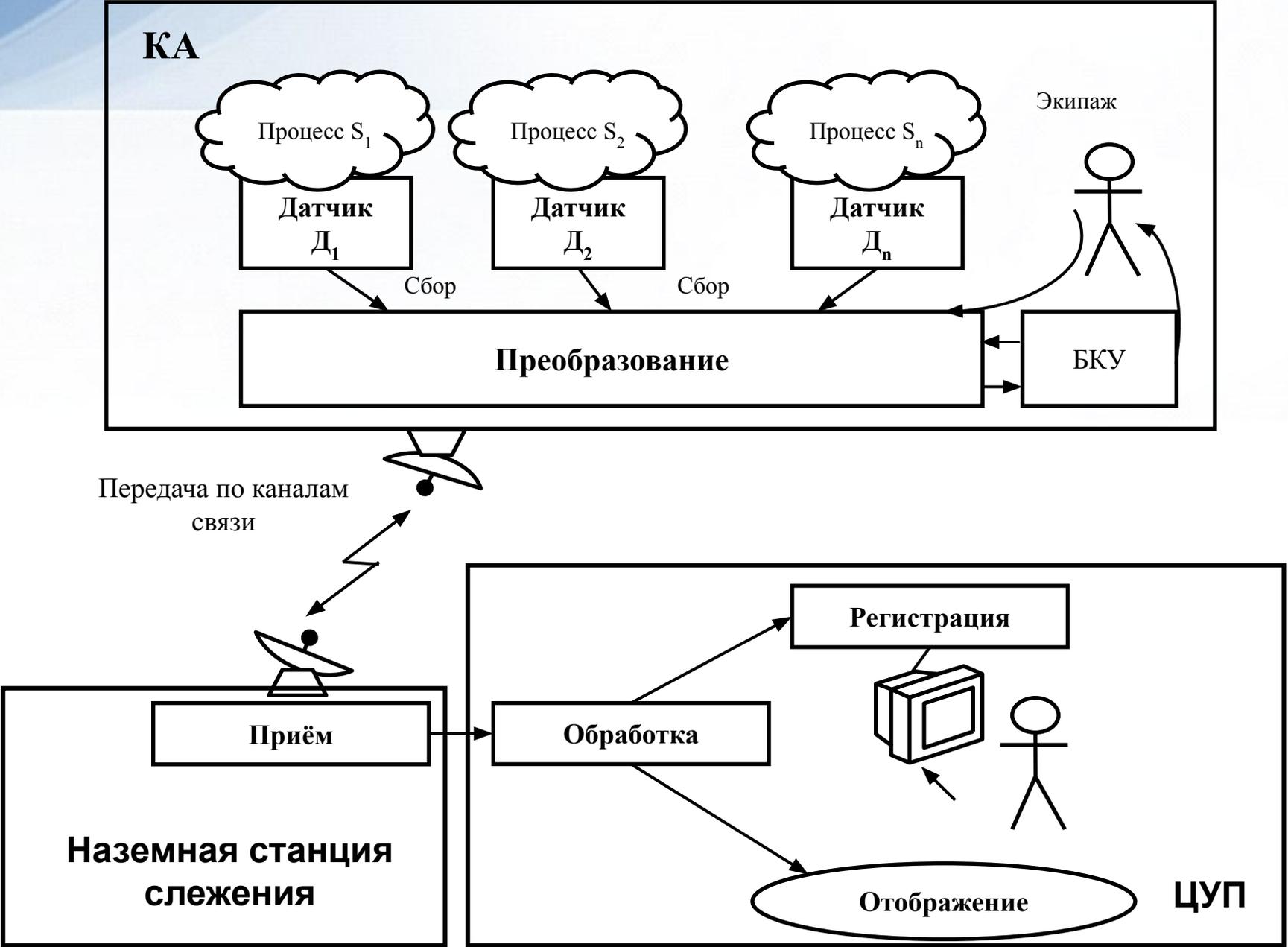
Управление полетом КА



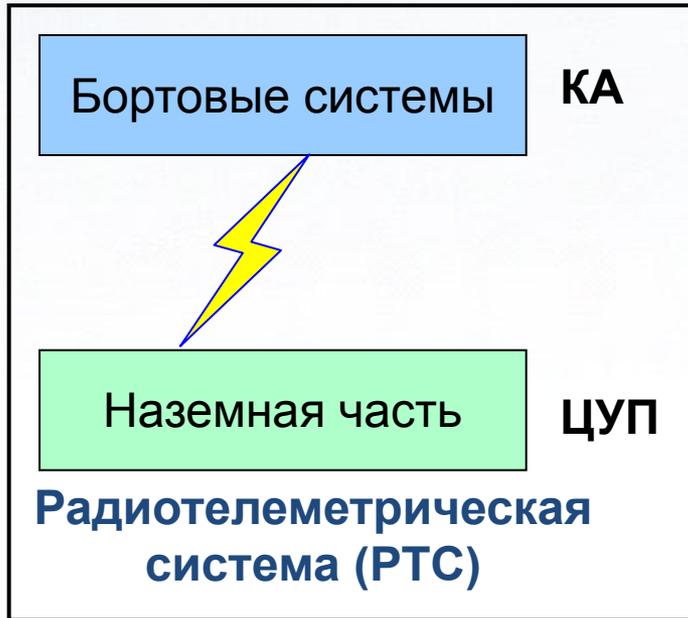
Контроль состояния КА

Контроль параметров состояния КА играет роль обратной связи, с помощью которой оценивается способность КА к выполнению поставленных задач





Получение телеметрической информации



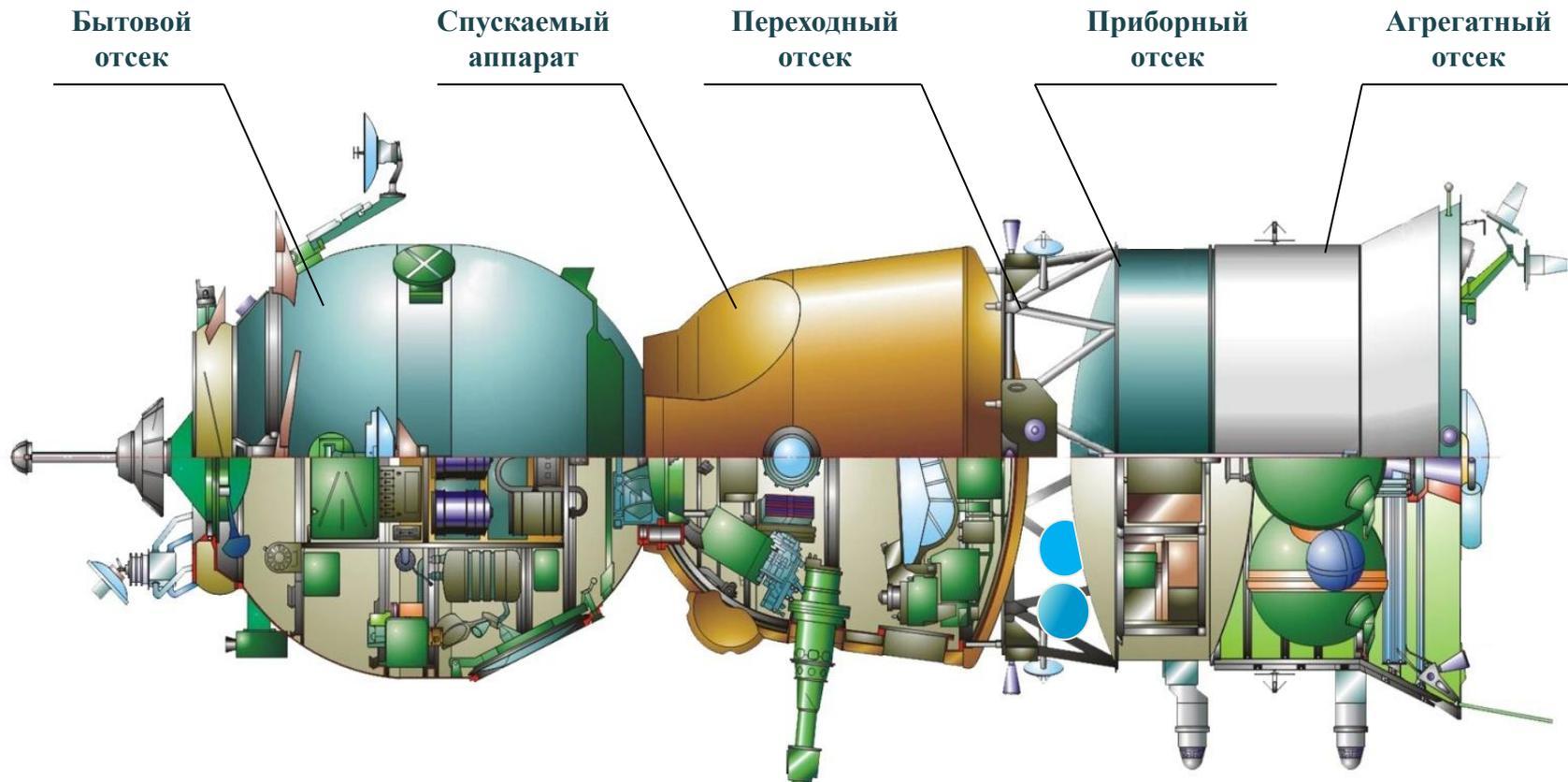
Совокупность телеметрических датчиков, преобразующих, коммутационных и передающих устройств образует радиотелеметрическую систему (РТС).



Состав наземного контура управления



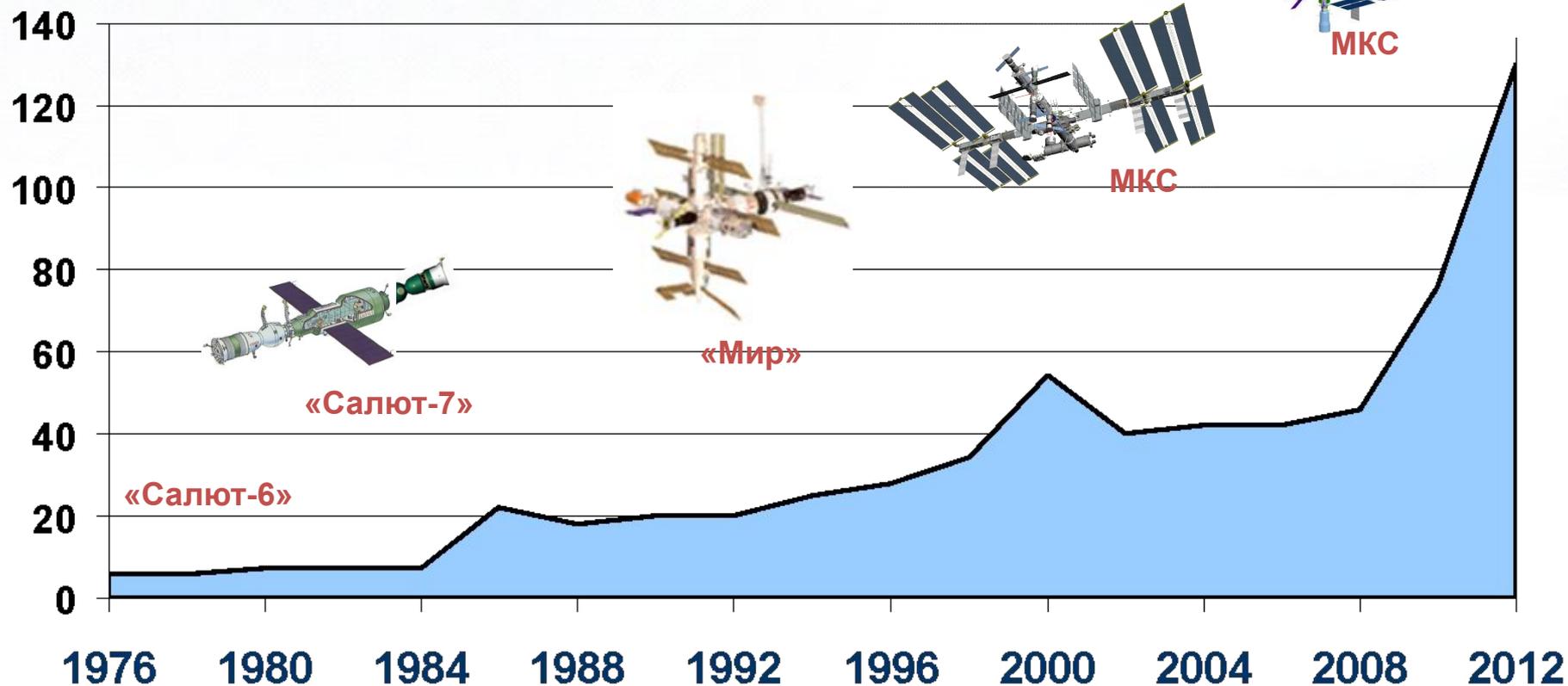
Объем телеметрических параметров по транспортному пилотируемому кораблю «Союз»



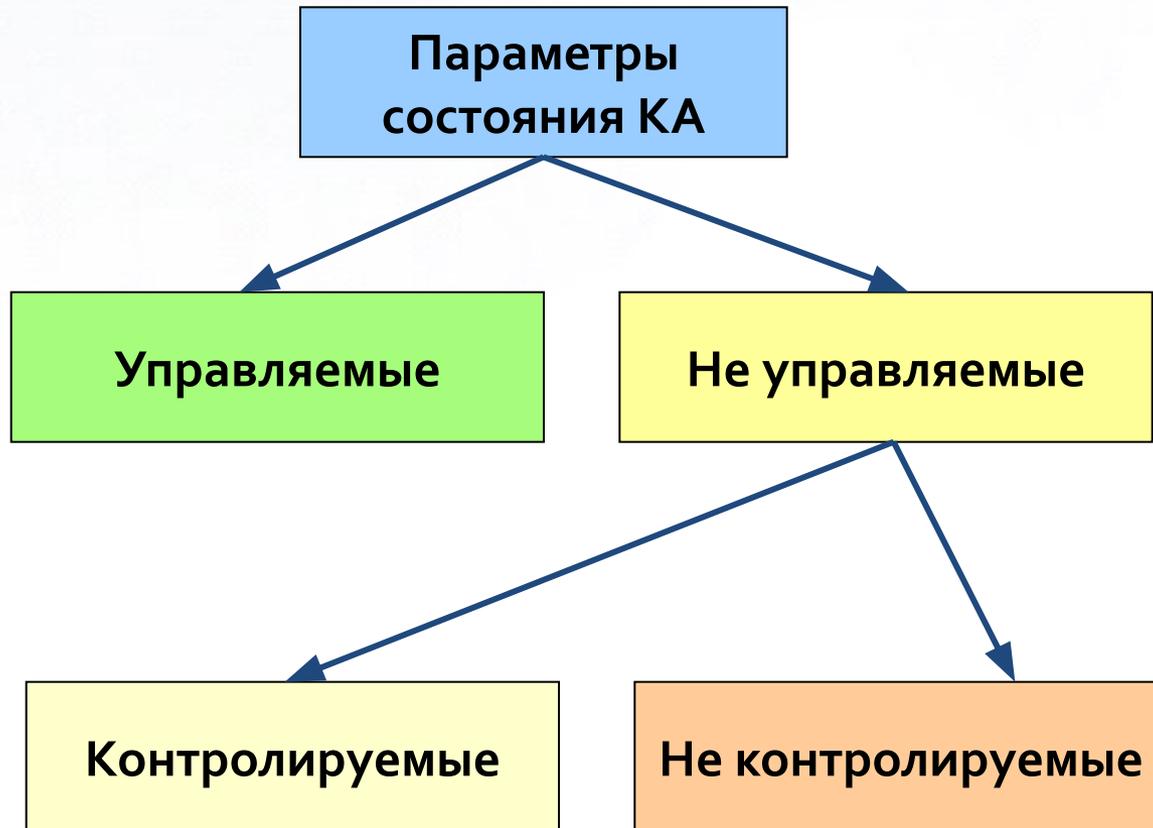
Полный объем телеметрической информации – более 5 тыс. параметров

Объемы контроля ТМ-параметров

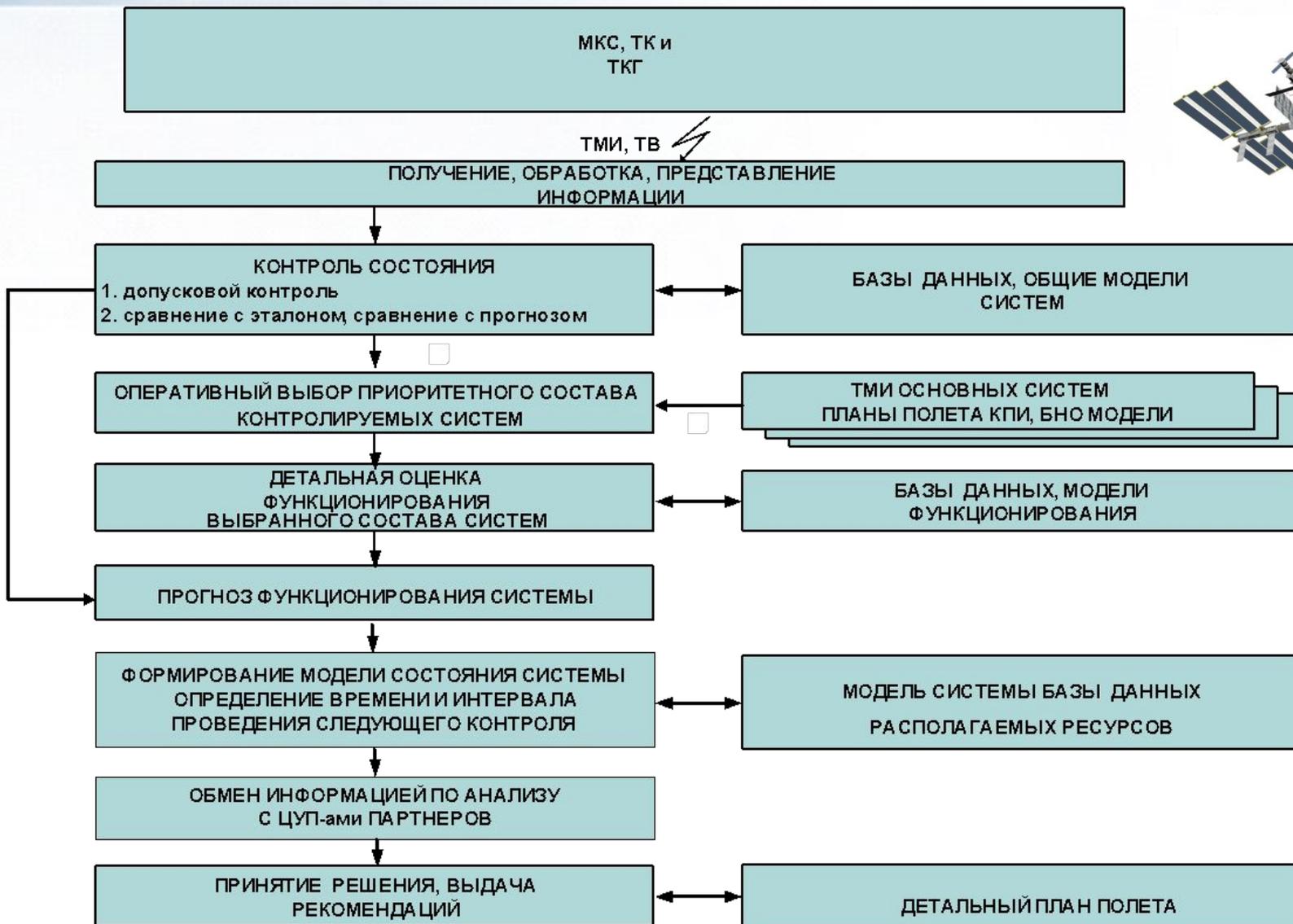
Объем ТМИ,
тыс. ТМ-параметров



Параметры состояния КА

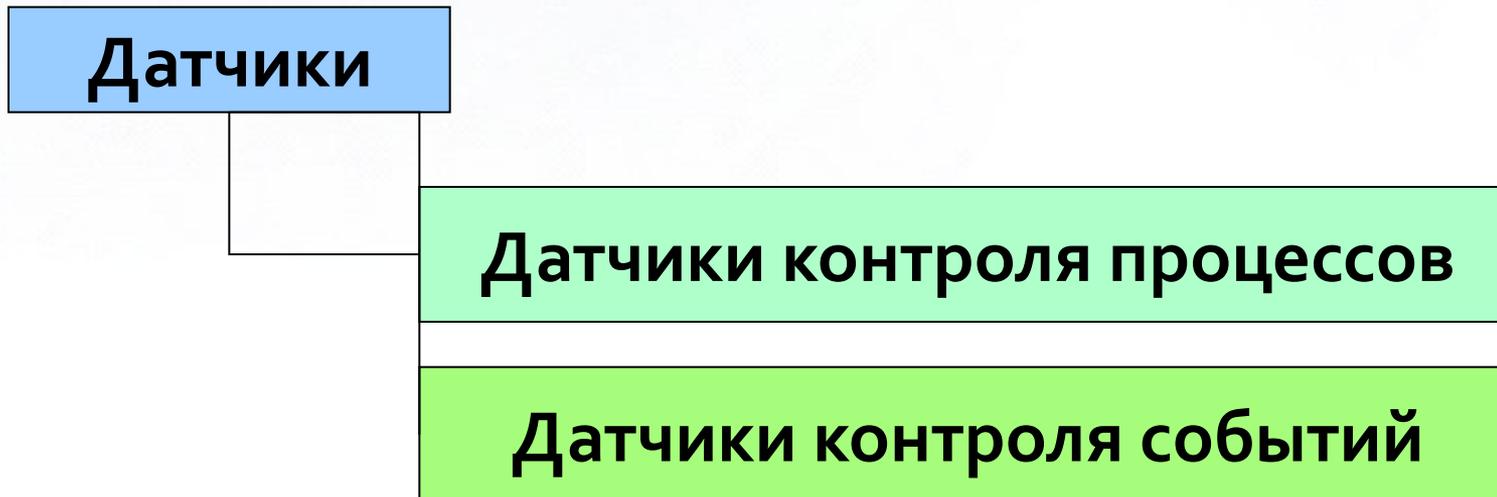


ОБЩИЙ АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ



Датчики

Датчик выполняет преобразование параметра в электрический сигнал



Типы датчиков: потенциометрические, тензометрические, индуктивные, емкостные, терморезисторные, пьезоэлектрические, термопары, сельсинные, индукционные и т.д.

Способы компоновки измерительных каналов в РТС

Радиотелеметрические системы

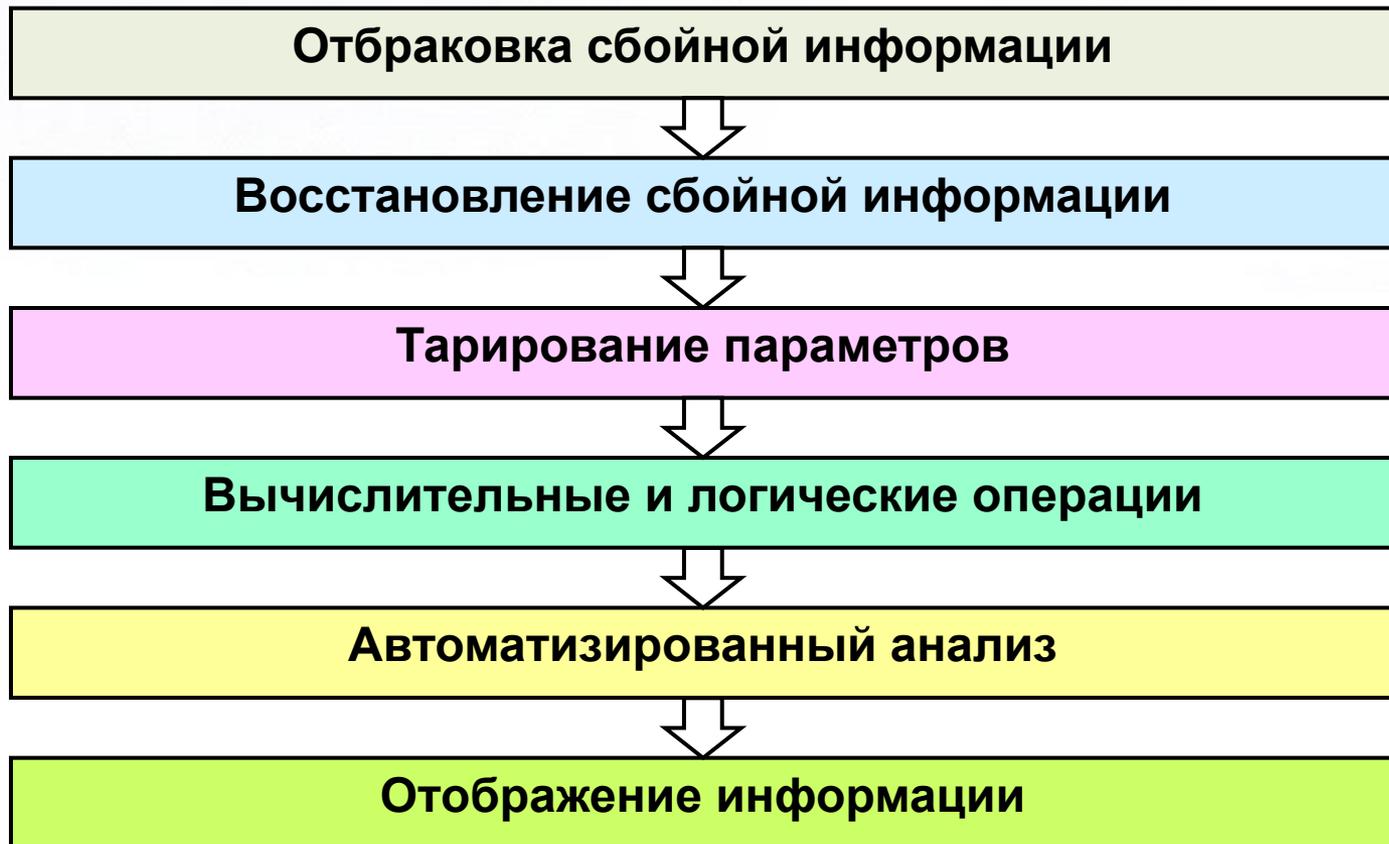
Циклические

Адаптивные

Адресные

Адаптивно - адресные

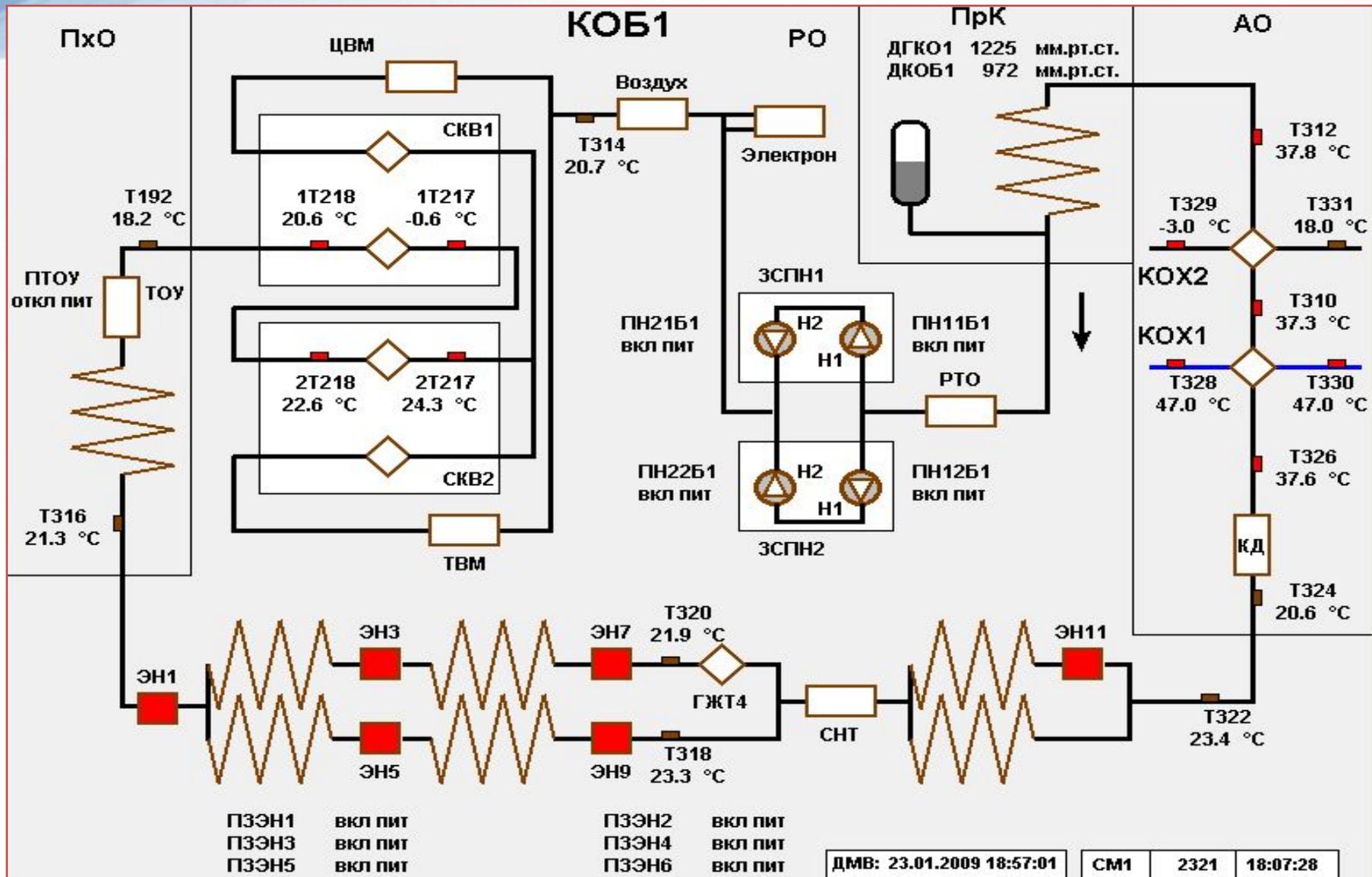
Обработка и анализа телеметрической информации (ТМИ)



Типовой формат отображения ТМИ

КАДР 40	СМ1				
ВРЕМЯ1	01.07.17.000	01.07.09		ВРЕМЯ2	
		АТМОСФЕРА			
ДРО1	746.222	T278	27.128	СПАЗГЕРМ	НЕТ СИГНАЛА 00.59.54
ДГХО	750.000	T273	22.344	СПОЖАР	НЕТ СИГНАЛА 00.59.54
ДПРК	751.928	T294	22.119	SATMCF	
				СДЬМ	НЕТ СИГНАЛА 00.59.54
ДДИ	758.871			СДКАБНН	НОРМА 00.59.54
O2	163.090	СБМП	НЕТ ОТКАЗА	СЧЕЧКА	НОРМА 00.59.54
CO2	2.985	СЭЛ-Н	НЕТ ОТКАЗА	SO2НН	НОРМА 00.59.54
H2O	9.841	СВОЗДУХ	НЕТ ОТКА	SCO2ВН	НОРМА 00.59.54
H2	0.047			БВС	
CO	2.625			SO/GKRNL	1-ГОТОВН SO/GCFC 1-ГОТОВ
VS/ПЕРЕХ	НЕТ ПЕРЕХОДА			VS/COMPL	НОРМА ПЕРЕХ.ПРОЦ 00.58.59
VS/Р.МКС	СТАНДАРТНЫЙ			GSW/FGNC	НЕТ АВАРИИ СУДН 00.59.54
МАСТЕР	US-МАСТ+ЗАПР.ИЗМ			GSA/SENG	НЕТ СООБЩ-НОРМА 00.59.54
РЕЖ-МАСТ	ДО			GSC/SEN	НЕТ СООБЩ-НОРМА 00.59.54
АКТРЕЖ	ОСК +РАЗВ_ТГ			GSC/THRS	НЕТ СООБЩ-НОРМА 00.59.54
ГСOS	012КВН //В			GSC/MPBR	РАСХОД - НОРМА 00.59.54
ИУС	ГИУС РР			GDOS	6198.35 КГ 00.59.49
ГОТБИНС	ГОТОВН УХОДОВ			ВРОТ	
				СЭП,СОСБ	
КОЛ-ОДУ	РАБОТА Д			THS	186.927 РРСБ ОСН.КАН.
ДШБ1	170.146			TCS	7.799 РРП ОСН.2 4
ДБГ1	21.553			САБС	355.088 ТК ОСН.КАН.
ДБО1	22.047			S/М-3-АБ	0-НЕТ СБР НАГР ТР СОВМЕЩ.Р
				S/ОГР-Н	0-НЕТ ОГРАНИЧ УПБ2S 4
БИТС					УПБ4S 4
НВВДСУ	НЕТ СООБЩЕНИЯ			ТРЕБПВД	НЕТ ТРЕБ.ПЕР.ПВД 00.58.59
ВЫБОР-А	БП1.ФС1.ЗУ1БСЗУ1			СТР	
ВЫБОР-Б	БП1.ФС1.ЗУ1БСЗУ1			S/ОФКОВ	НОРМА КО S/ОФКОН НОРМА КО

Мнемосхема КОБ1 СОТР СМ

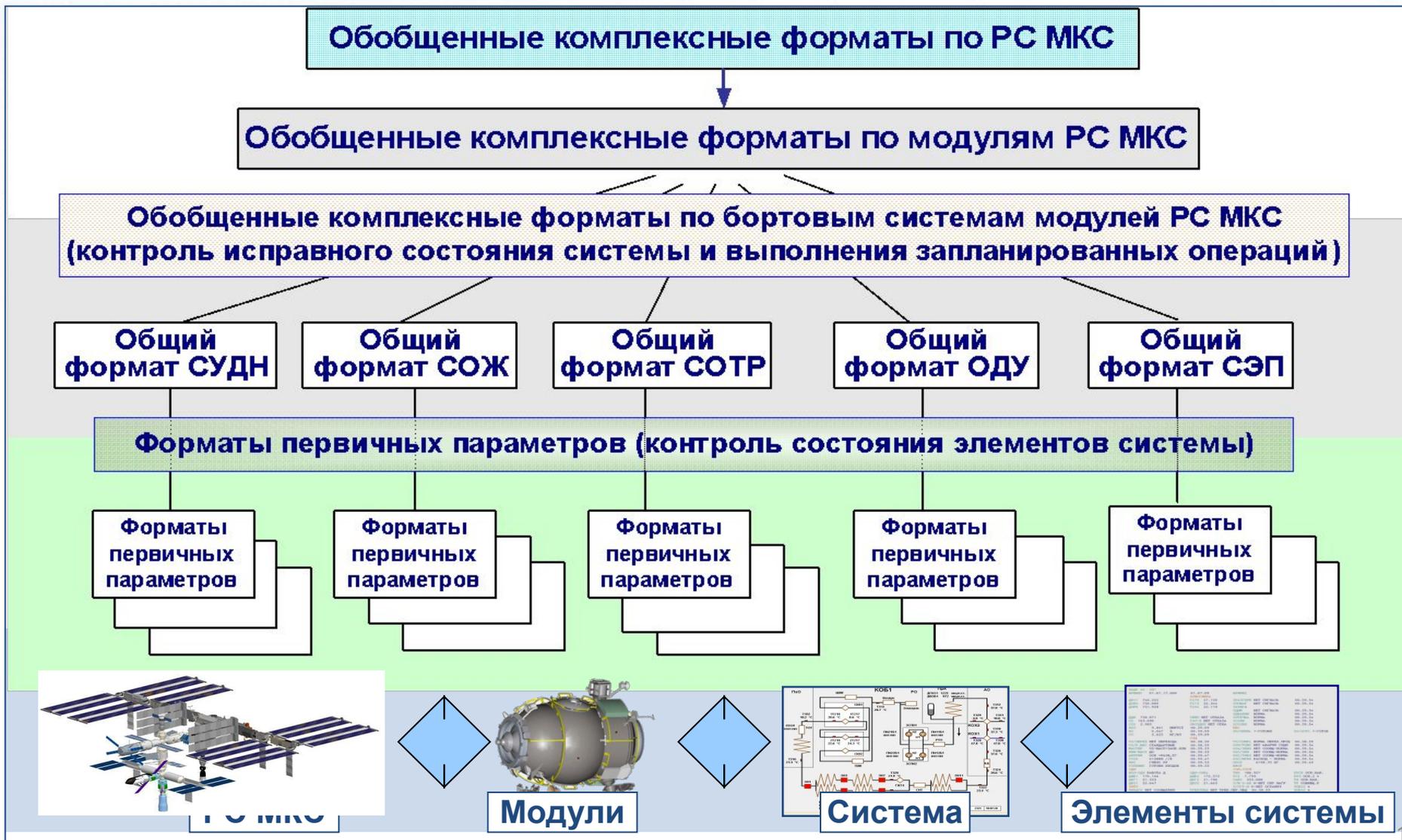


Обобщенная схема анализа КА

Анализ состояния КА последовательно выполняется по следующей обобщенной схеме:

1. Анализ значений отдельных параметров системы и сравнение полученных результатов с расчетными.
2. Анализа состояния отдельных систем КА.
3. Анализа состояния КА в целом

Пример: иерархическая структура форматов отображения телеметрической информации



Анализ телеметрической информации

Анализ

Оперативный анализ

Выполняется в ходе полета КА в реальном масштабе времени, его результаты используются непосредственно для управления полетом

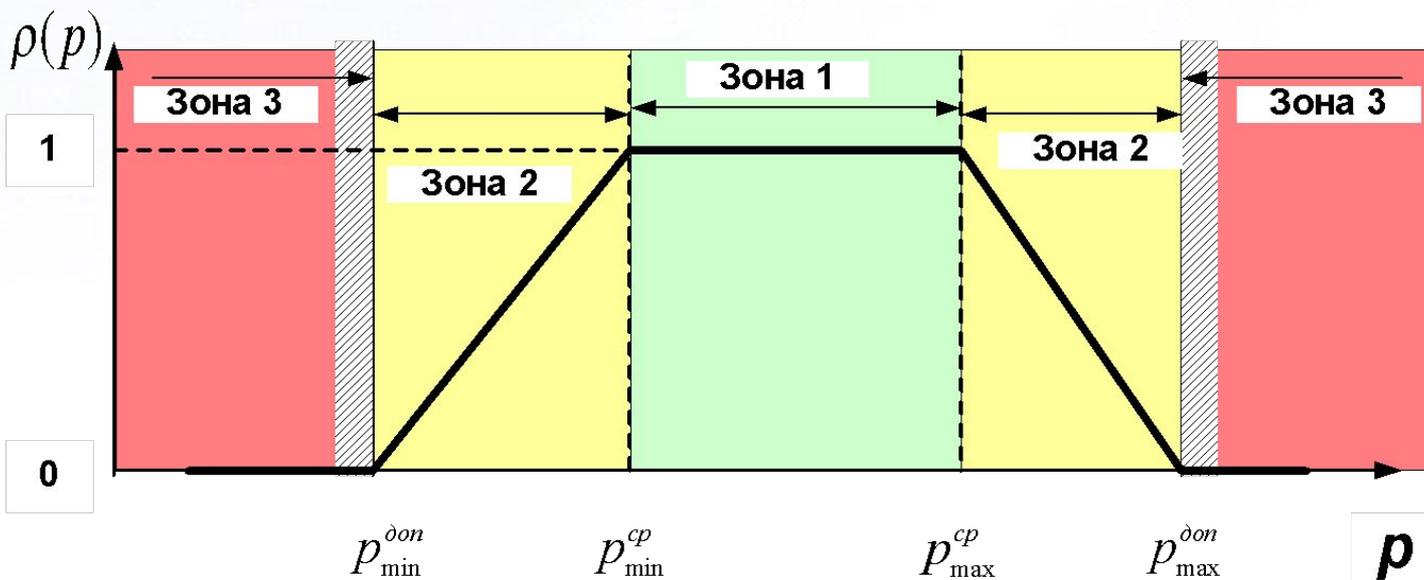
Послеполетный анализ

Результаты используются для дальнейшего совершенствования конструкции, систем и оборудования КА

Методы автоматизированного анализа ТМИ

- метод двухуровневого контроля
- метод параллельного моделирования
- метод дерева состояний
- метод матрицы состояния

Метод двухуровневого контроля

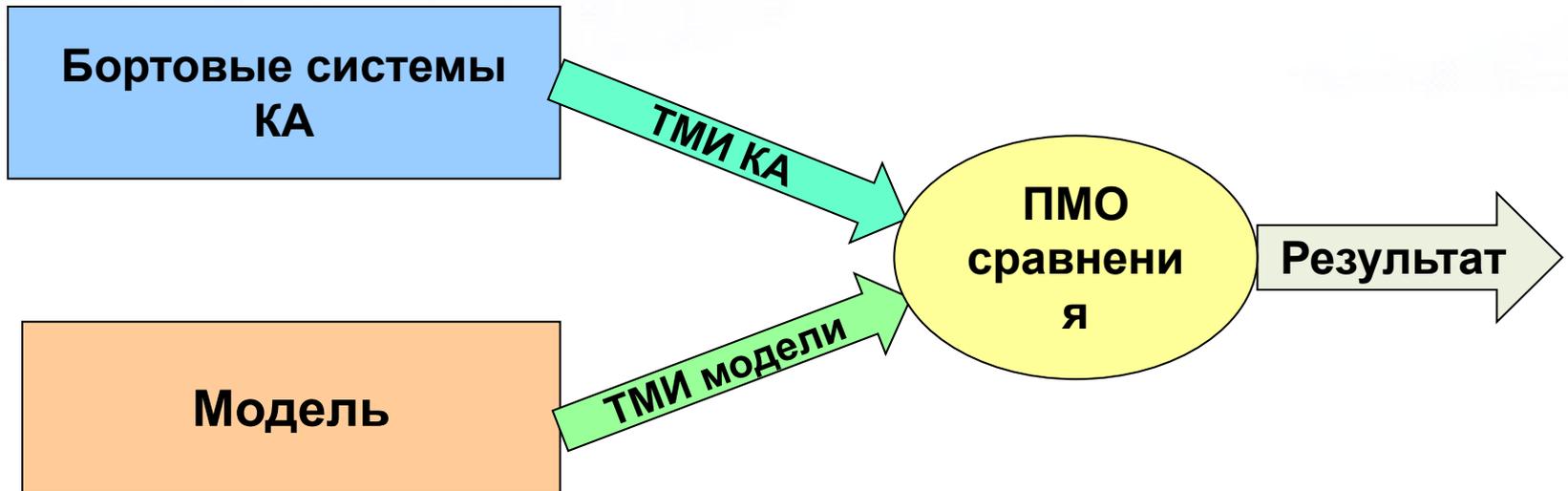


Зона 1 – область штатного функционирования объекта контроля

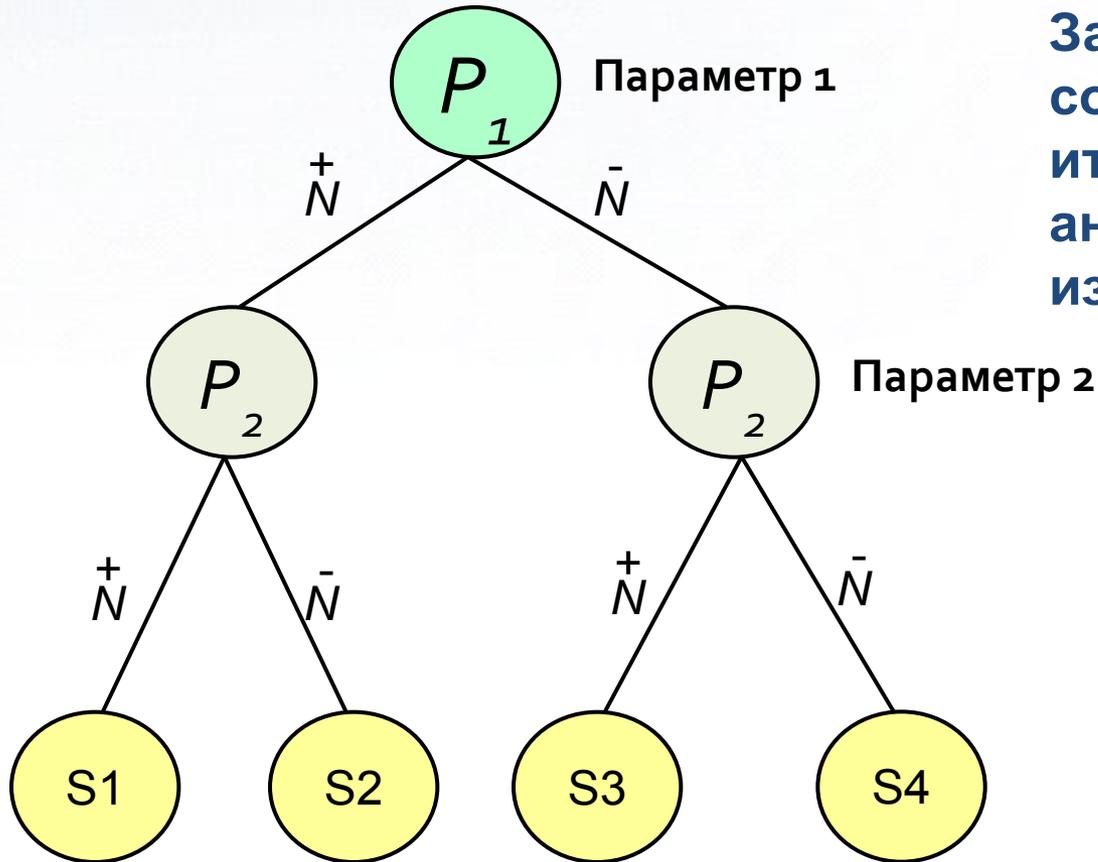
Зона 2 – область пограничного функционирования объекта контроля

Зона 3 – область нештатного функционирования объекта контроля

Метод параллельного моделирования



Пример метода дерева состояний



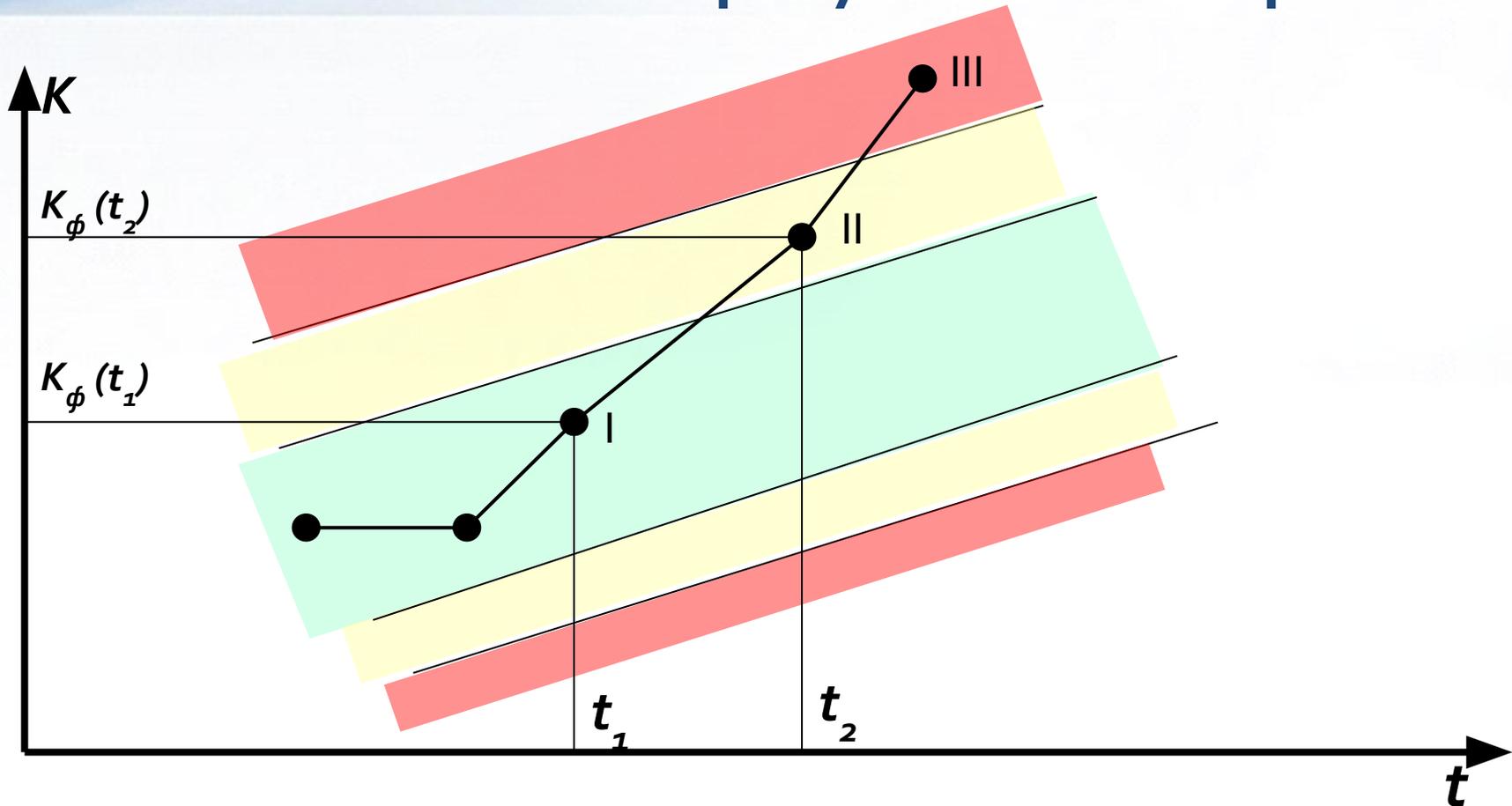
Возможные состояния объекта анализа

Заключение о текущем состоянии делается как итог последовательного анализа состояния каждого из параметров

\bar{N}^+ - параметр в норме

\bar{N}^- - параметр не в норме

Возможные результаты контроля



- I. Состояние космического аппарата в норме
- II. Значение некоторого параметра вышло за среднестатистический порог
- III. Значение некоторого параметра за пределы нормы

Значение некоторого параметра вышло за среднестатистический порог

Формируется сообщение:

«**ВНИМАНИЕ. Параметр вышел за среднестатистический порог и имеется тенденция к выходу за допустимый предел**».

Среднестатистический порог значений параметра получают в результате статистической обработки его фактических значений.

Предельно допустимые значения параметра указаны в техническом описании систем КА.

Темп изменения параметра:

$$\Delta K_{\phi} / \Delta t = (K_{\phi}(t_2) - K_{\phi}(t_1)) / (t_2 - t_1)$$

Прогнозируемое время достижения параметром допустимого значения:

$$t_n = (K_n - K_{cc}) / (\Delta K_{\phi} / \Delta t)_{\text{прогн}} + t_{cc}$$

t_{cc} – время достижения параметром значения K_{cc} ,

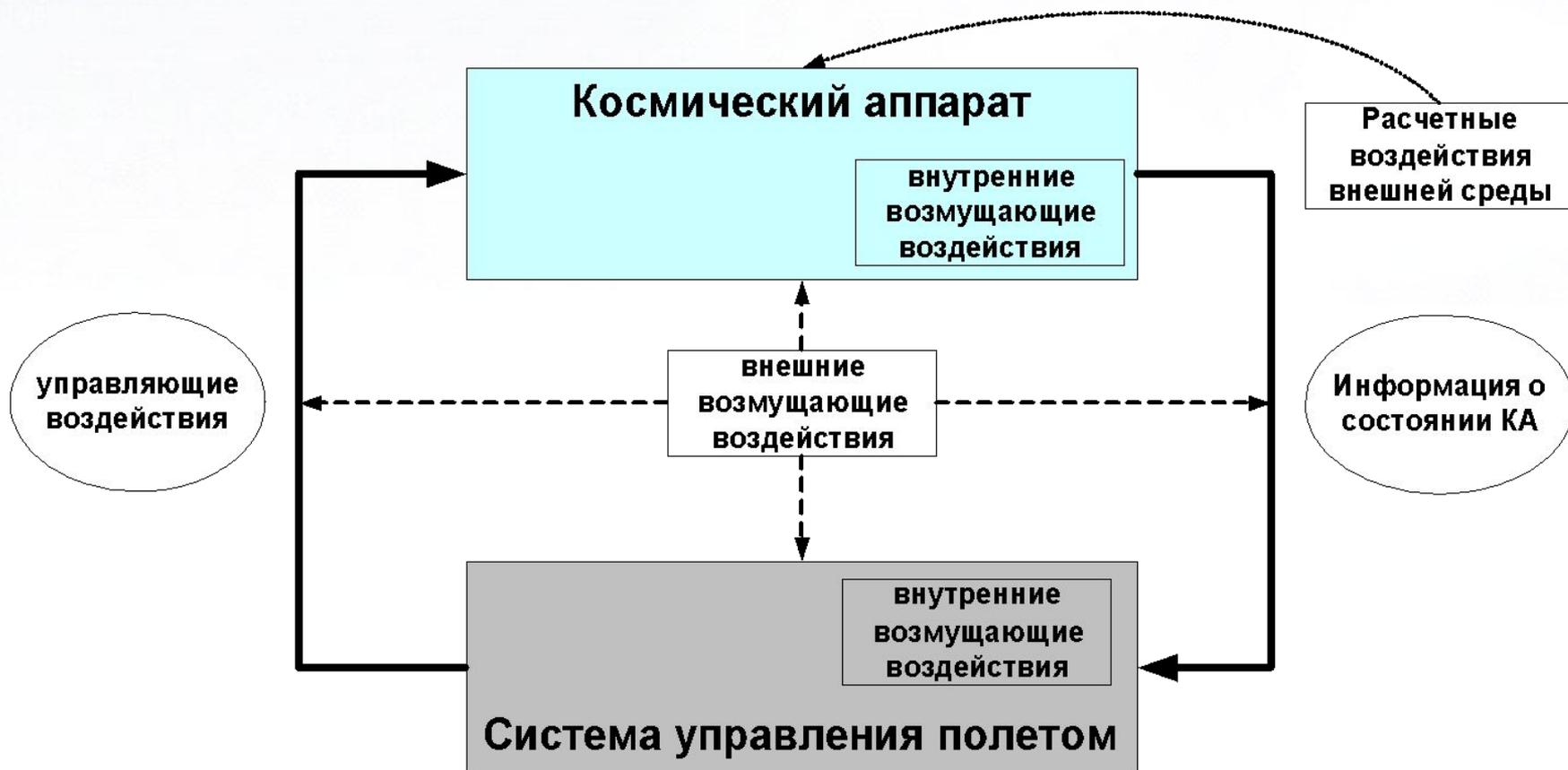
$(\Delta K_{\phi} / \Delta t)_{\text{прогн}}$ – прогнозируемый темп изменения параметра

Значение некоторого параметра за пределы нормы

Ситуация приводит к одному из двух исходов:

1. Соответствующие бортовые системы справятся с возмущением и параметры вернутся в область среднестатистических значений
2. Указанная тенденция сохранится и параметры выйдут за допустимые пределы – возникнет нештатная (аномальная) ситуация

Возмущающие воздействия, действующие на контур управления полетом



Нештатные ситуации

Совокупность обстоятельств, обусловленных действием возмущающих факторов приводящих к недопустимому изменению состоянию КА, его функциональных возможностей и способности выполнения запланированной операции, невыполнению какой-либо запланированной операции, снижению уровня безопасности полета принято называть **нештатной ситуацией**.

Классификация нештатных ситуаций

Расчетные нештатные ситуации – действия по их парированию рассматриваются **заранее**, в при анализе работы систем КА до полета, также включаются ситуации возникавшие при наземных испытаниях систем и в процессе проведенных ранее полетов.

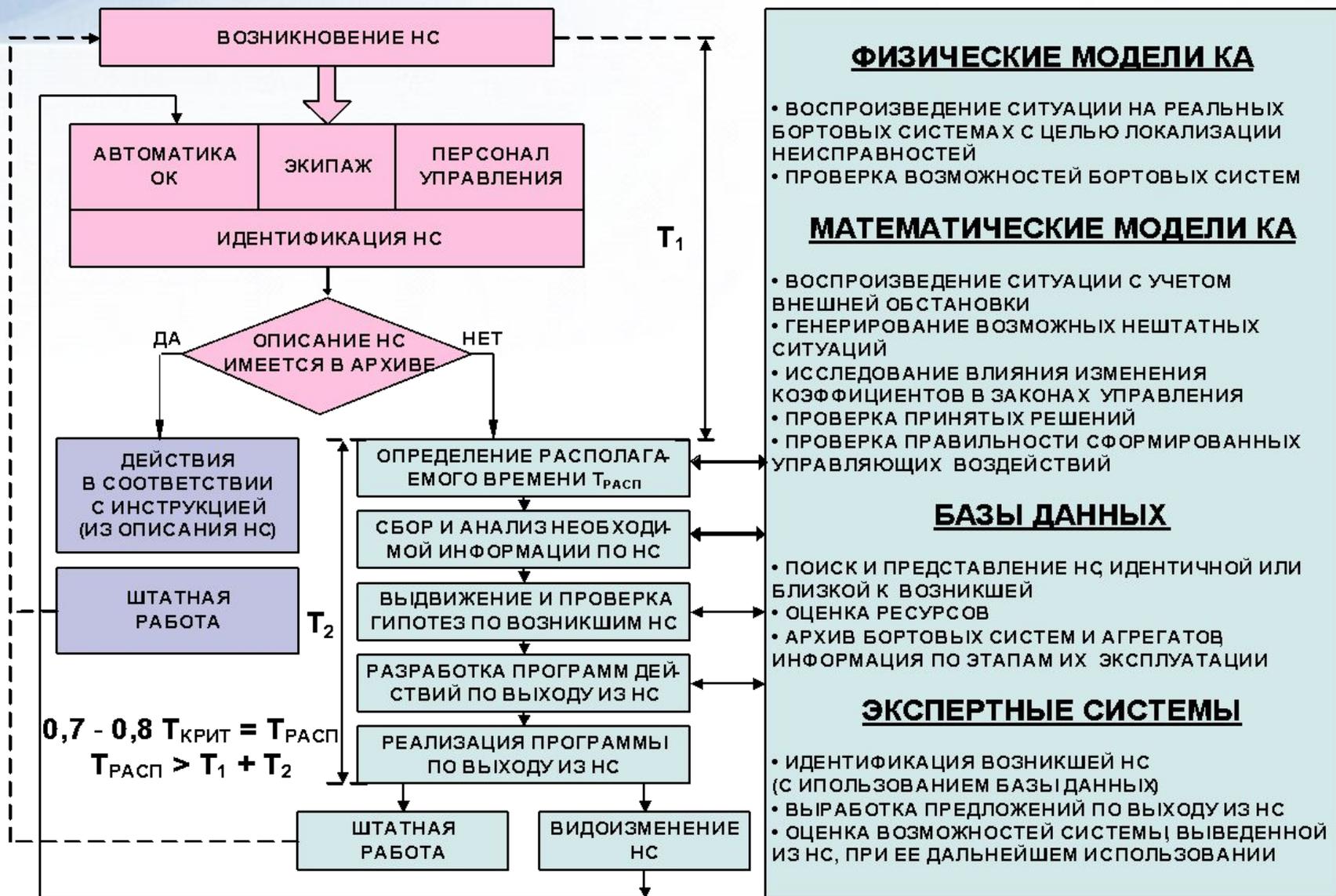
Нерасчетные нештатные ситуации – причиной является **не рассмотренный** заранее **отказ**, характерны тем, что при их возникновении необходимо оперативно проводить анализ ситуации и вырабатывать меры по ее парированию.

Нештатные ситуации, сложившиеся в результате неустранимых отказов и приводящие к **нарушению требований безопасности экипажа и КА**, называют **аварийными**.

Нештатные ситуации в космическом полёте

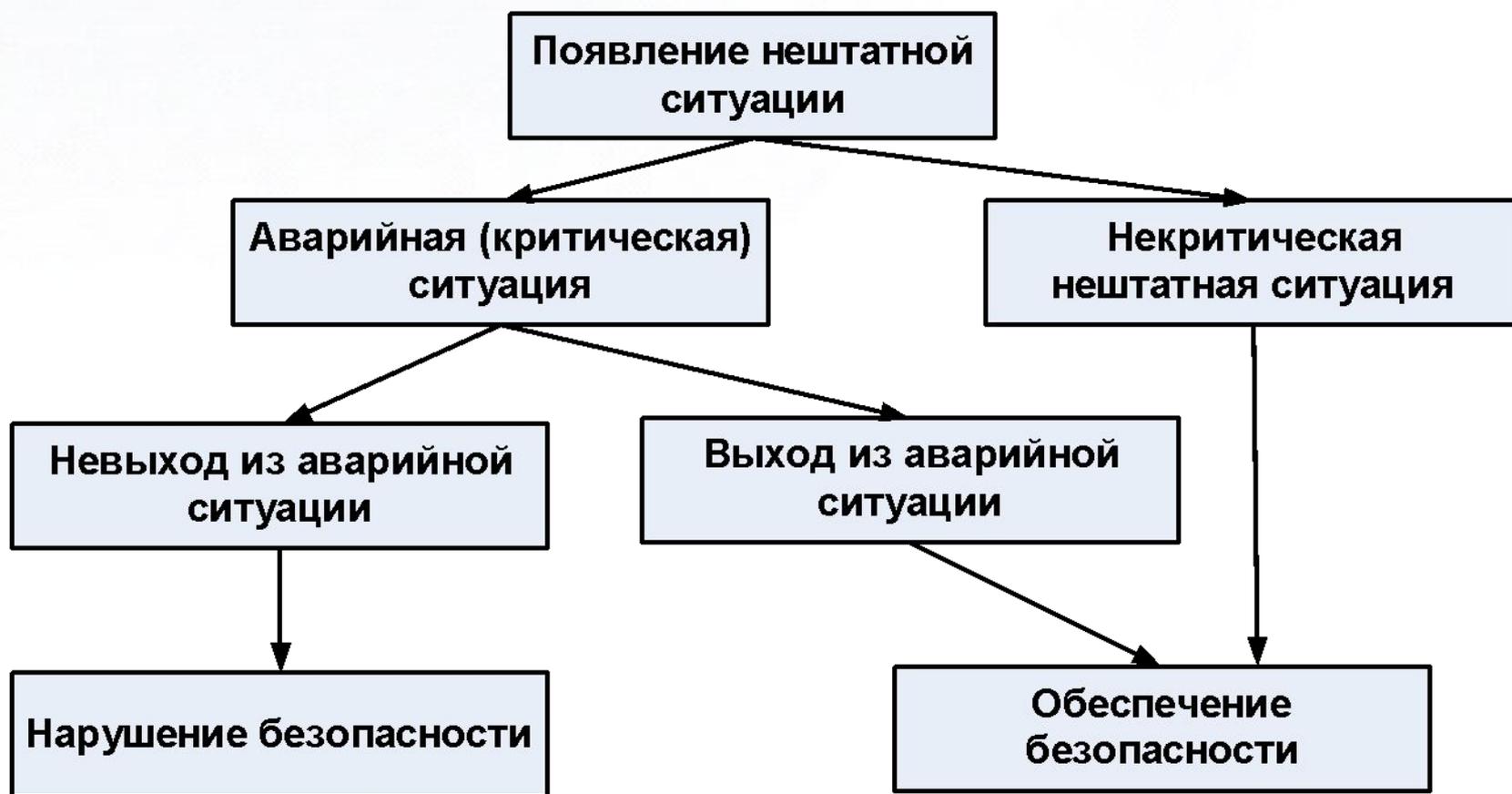
- **Нештатная ситуация:** состояние космического комплекса, его составных частей и привлекаемых средств, а также условий полёта, не предусмотренные программой штатного функционирования или отклонение состояния здоровья космонавта от нормального.
- **Рассмотренная нештатная ситуация:** нештатная ситуация, которая была выявлена и рассмотрена в процессе создания космического комплекса и предполётного анализа и внесена в конструкторскую документацию.
- **Расчетная нештатная ситуация:** нештатная ситуация, способы и средства выхода из которой предусмотрены и внесены в конструкторскую документацию.

ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ

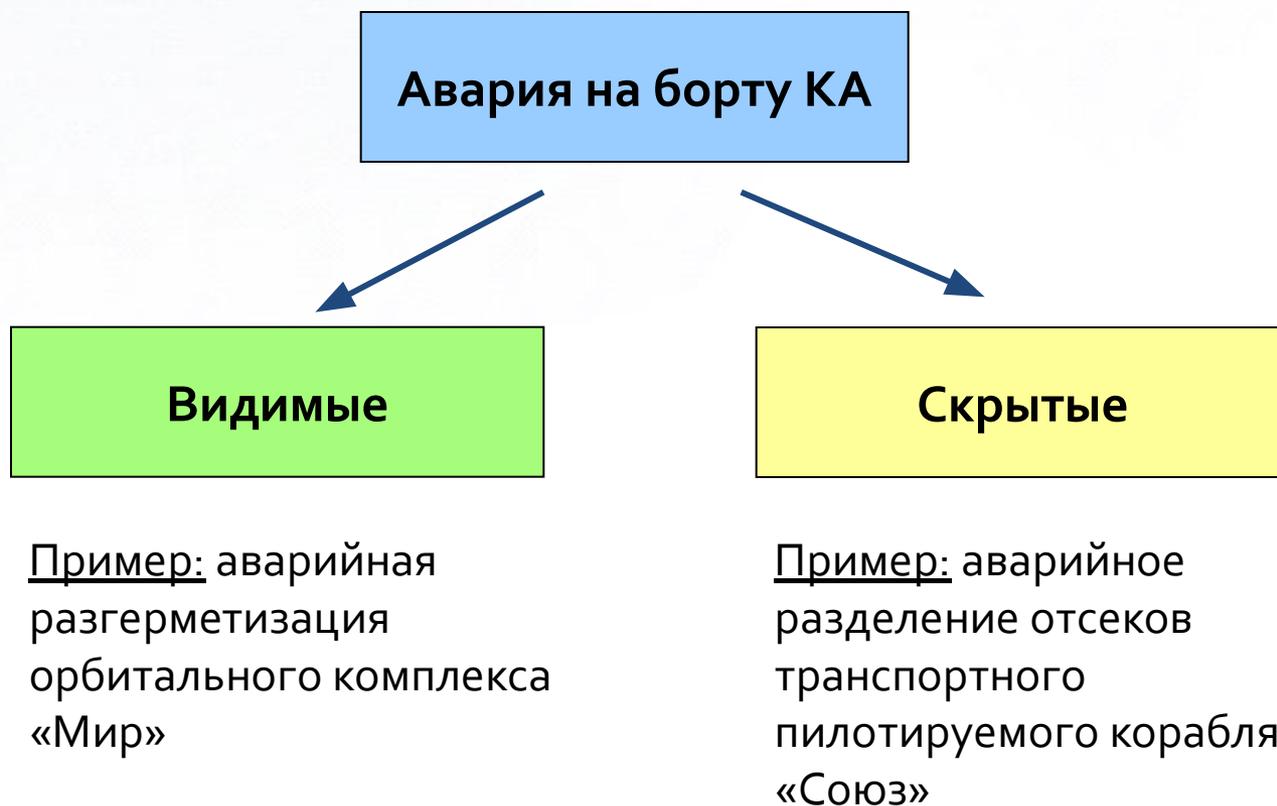


$T_{крит}$ – время до наступления необратимых отрицательных изменений в состоянии КА

Модель безопасности управления полетом



Аварийные ситуации



Пример парирования нештатной ситуации на орбитальном комплексе «Мир»

Описание НШС:

26 июня 1997 года при проведении отработки режима ручной стыковки грузового транспортного корабля «Прогресс М-34» с орбитальным комплексом «Мир» произошло **столкновение** корабля со станцией, что привело к **разгерметизации** объёма жилых отсеков ОК «Мир» с темпом **до 20 мм рт. ст. в минуту**.

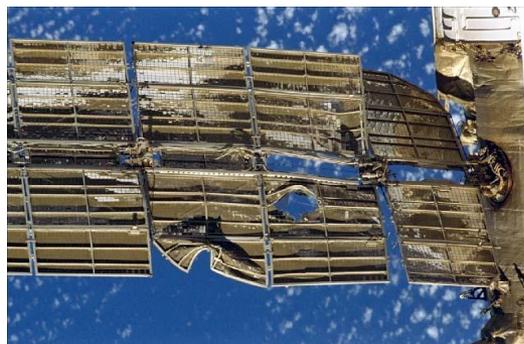
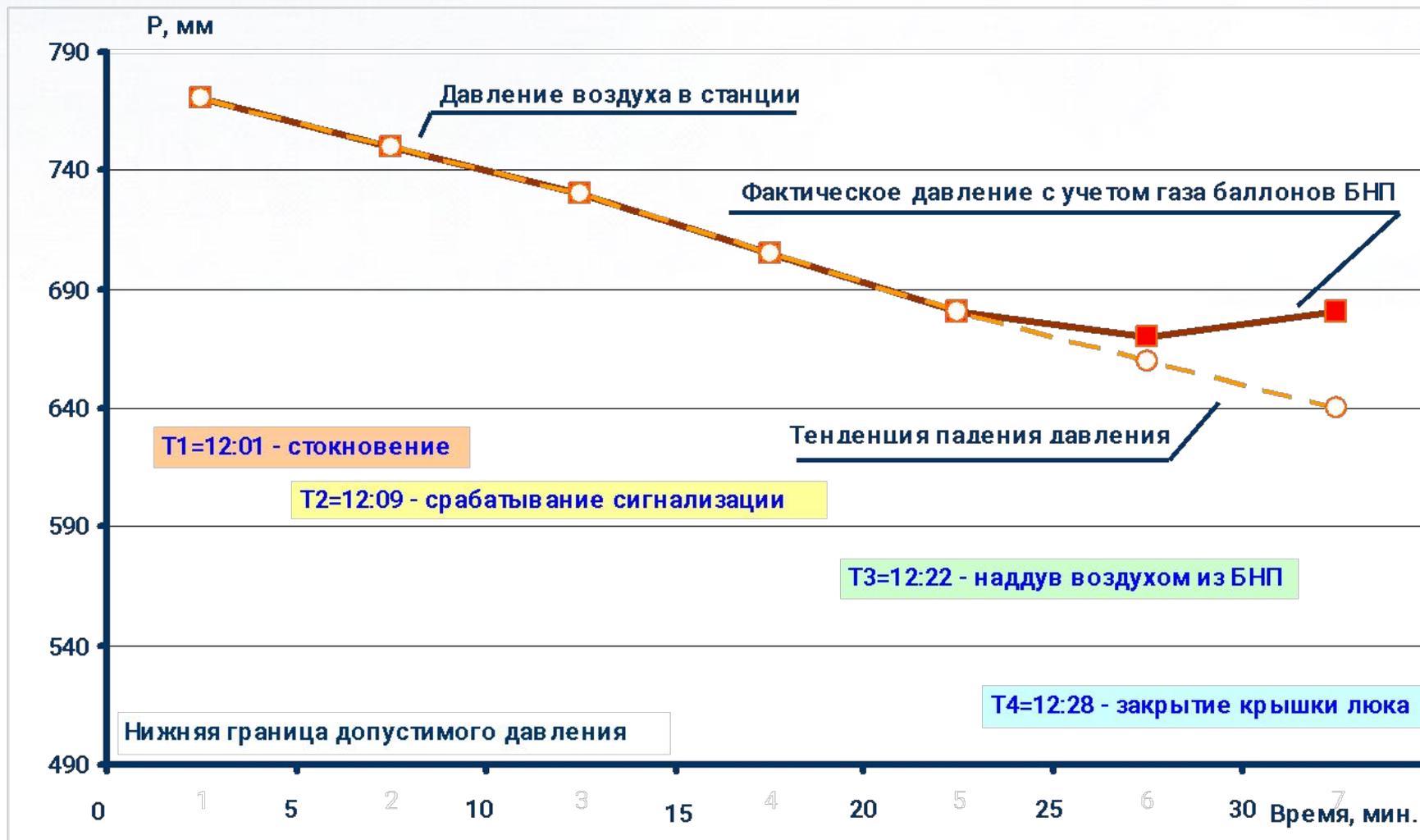


График падения давления в станции «Мир»



Пример парирования «скрытой» нештатной ситуации при проведении спуска корабля «Союз ТМ-5»

Описание НШС:

7 сентября 1988 года при проведении спуска пилотируемого транспортного корабля «Союз ТМ-5» в результате сбоя в вычислительной машине при закладке тормозного импульса на спуск вместо необходимых 115 м/с в оперативной памяти машины остался записанным импульс последнего маневра перед стыковкой (3 м/с), что привело к выдаче недостаточного для спуска тормозного импульса.

При этом спусковая циклограмма была запущена, по которой через 20 минут после выдачи импульса должно было произойти разделение отсеков корабля. Исполнение этой циклограммы привело бы к тому, что экипаж остался бы в спускаемом аппарате без приборно-агрегатного отсека, и в этом случае становилось бы невозможным его возвращение на Землю.

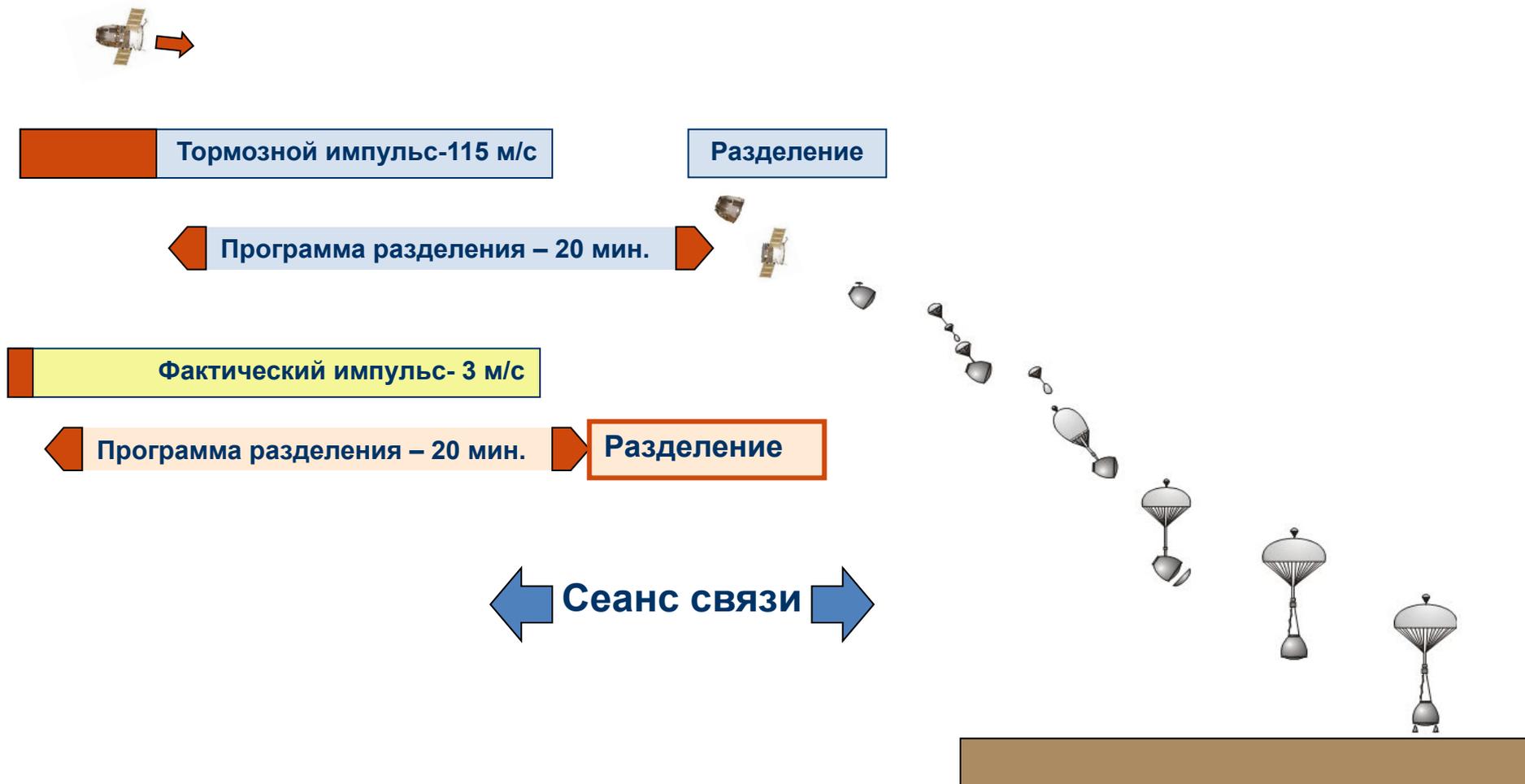
Действия экипажа:

- при вхождении в зону связи экипаж доложил на Землю о ситуации с тормозным импульсом, но о загорании транспаранта «Программа разделения» экипаж не доложил;
- по результатам анализа ситуации Земля приняла решение о переносе спуска на следующие сутки, а для прекращения всех динамических операций экипажу была выдана рекомендация о выдаче с пульта команды «Отбой динамических режимов»;
- экипаж реализовал выданные рекомендации, что привело к отбою программы разделения за 42 сек до исполнения операции разделения.

Итог:

- действия Земли и экипажа позволили избежать катастрофической ситуации;
- на следующие сутки спуск прошел в штатном режиме, экипаж благополучно возвратился на Землю.

Циклограмма спуска корабля «Союз ТМ-5»



Конец лекции