



Управление ориентацией малых космических аппаратов

С.С.Ткачев
отдел 5 сектор 4

Задача управления ориентацией

- Заряд солнечной батареи
- Направление луча антенны
- Решение целевой задачи



Малые космические аппараты

Мини-
до 1000 кг

Микро-
до 100 кг

Нано-
до 10 кг

Пико-
до 1 кг

Фемто-
до 100 грамм



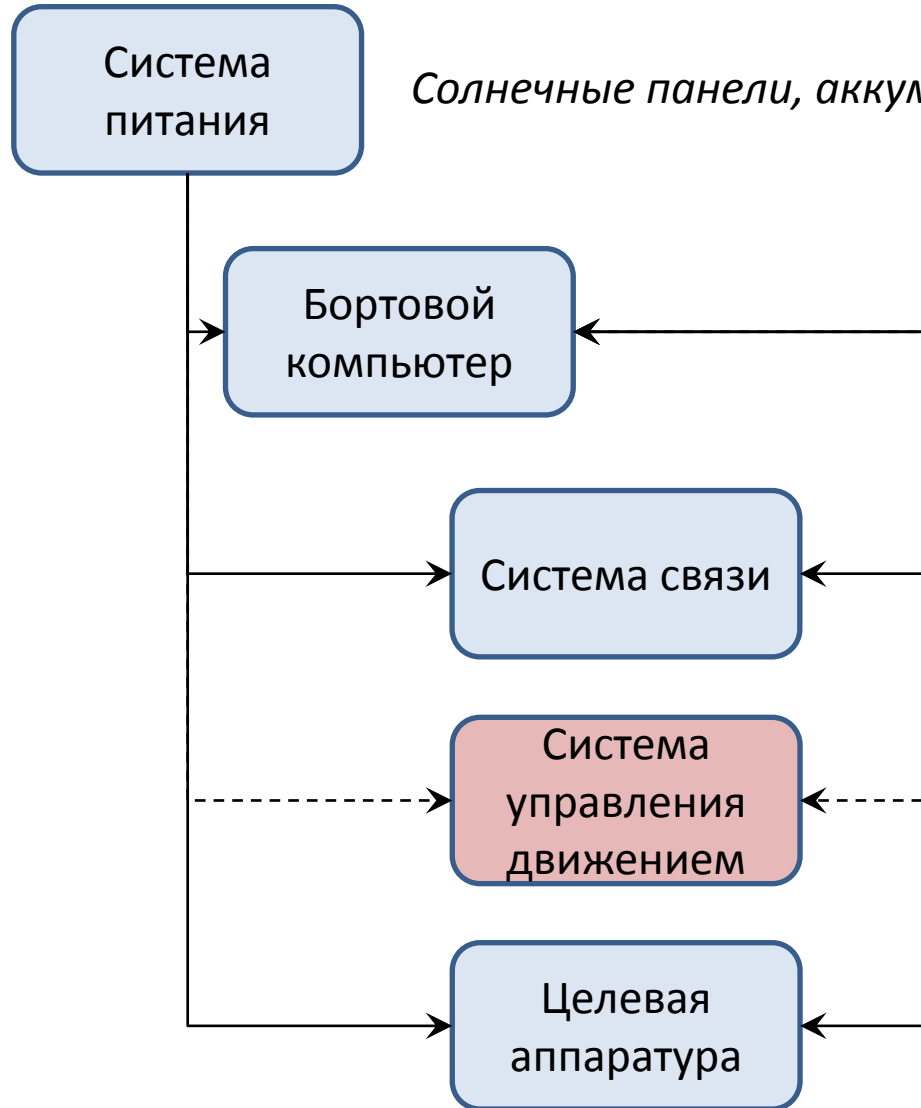
Микроспутник Чибис-М
(2012, ИКИ РАН)



Микроспутник ТаблетСат-Аврора
(2014, Спутникс)

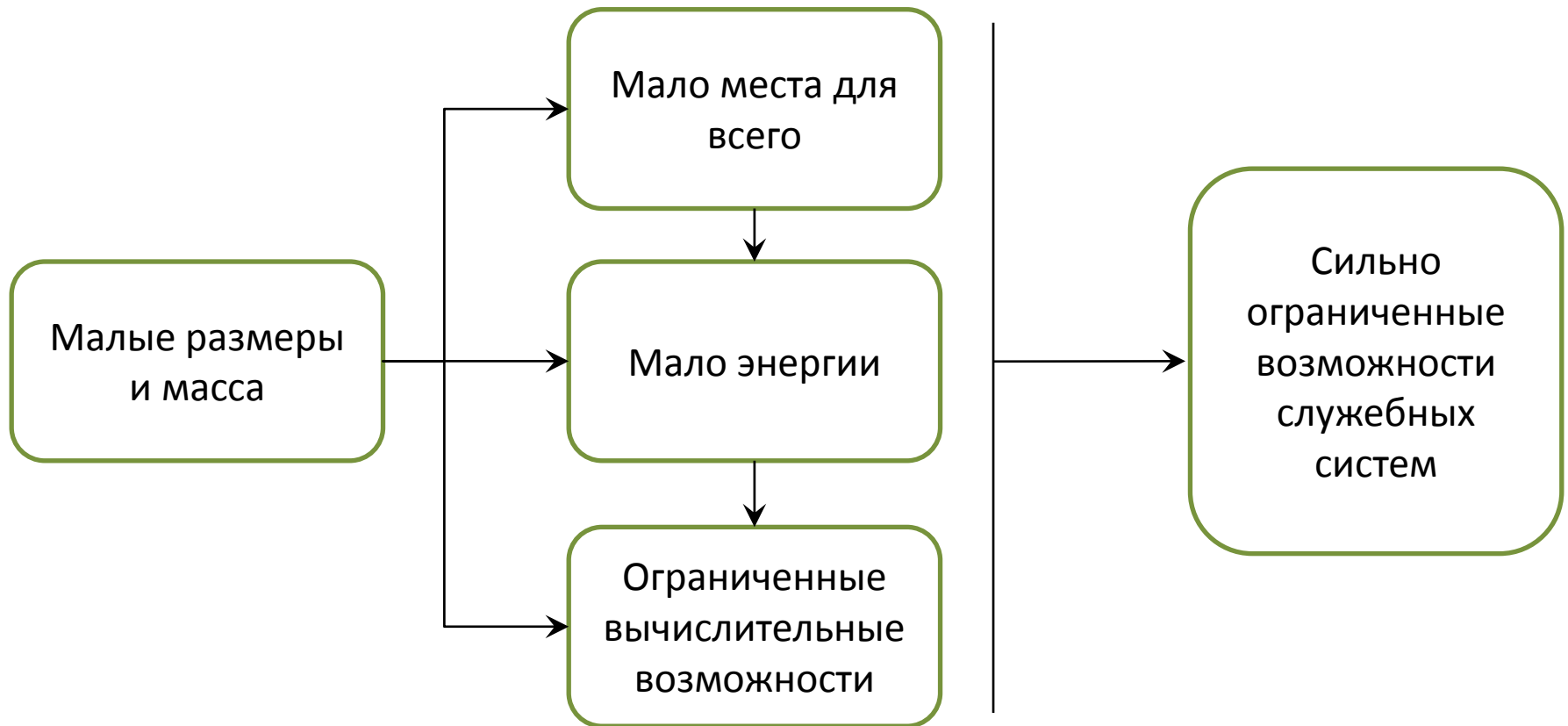
Системы спутника

Солнечные панели, аккумуляторные батареи

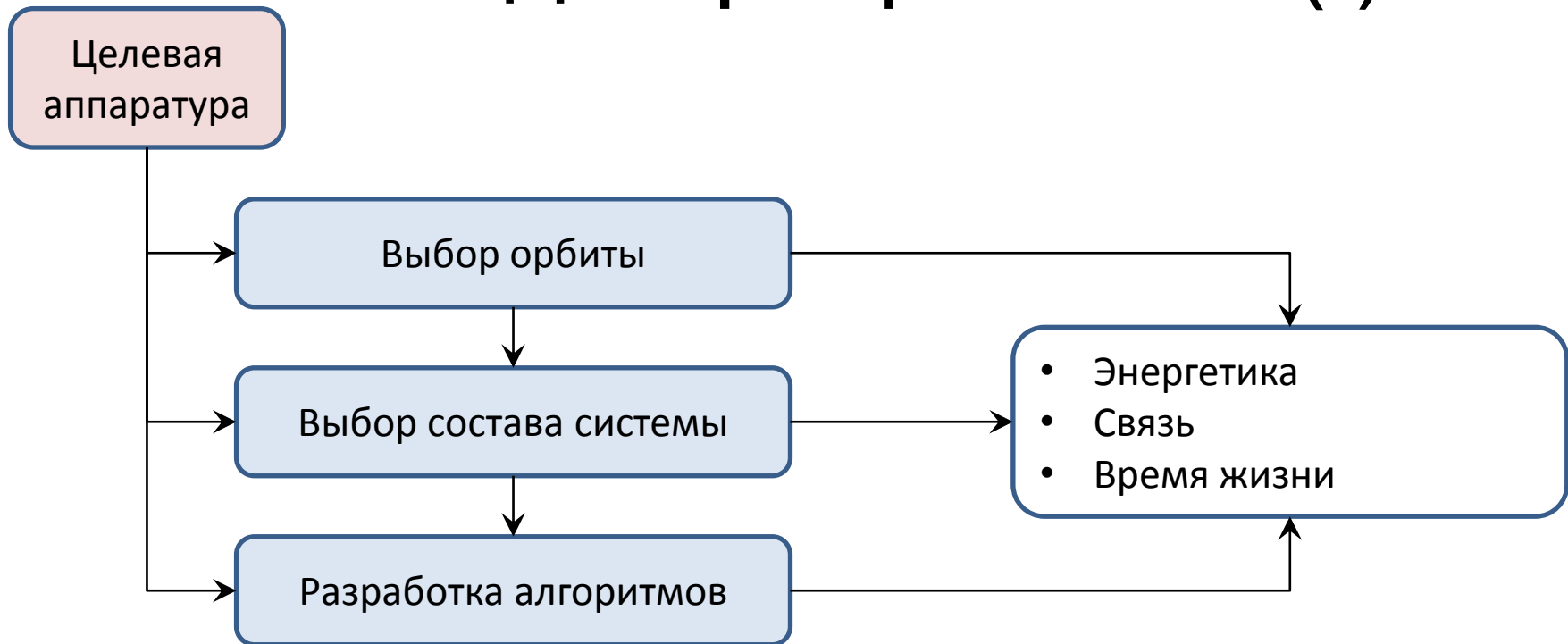


Система управления угловым и/или орбитальным движением, система идентификации

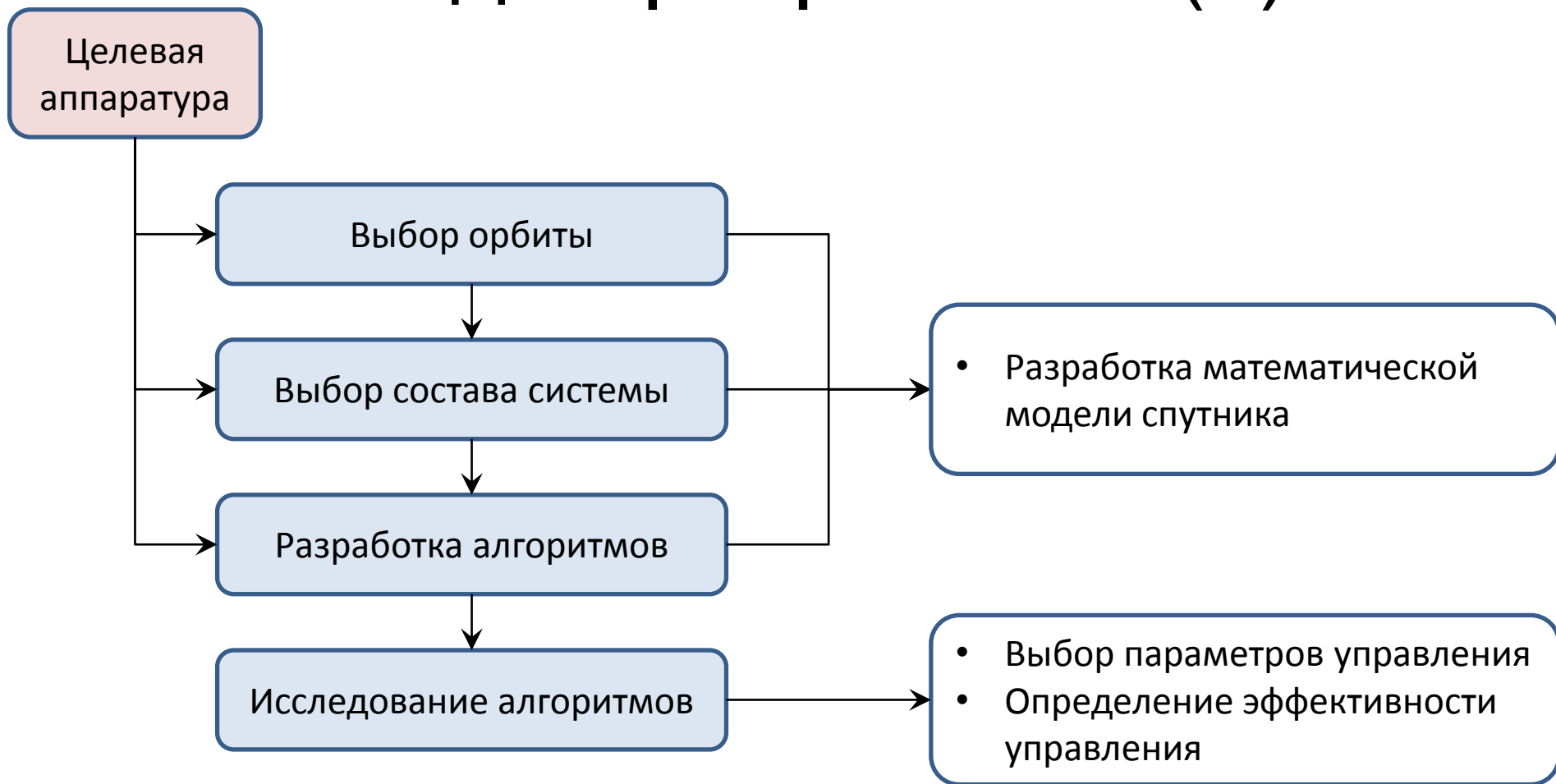
Особенности малых космических аппаратов



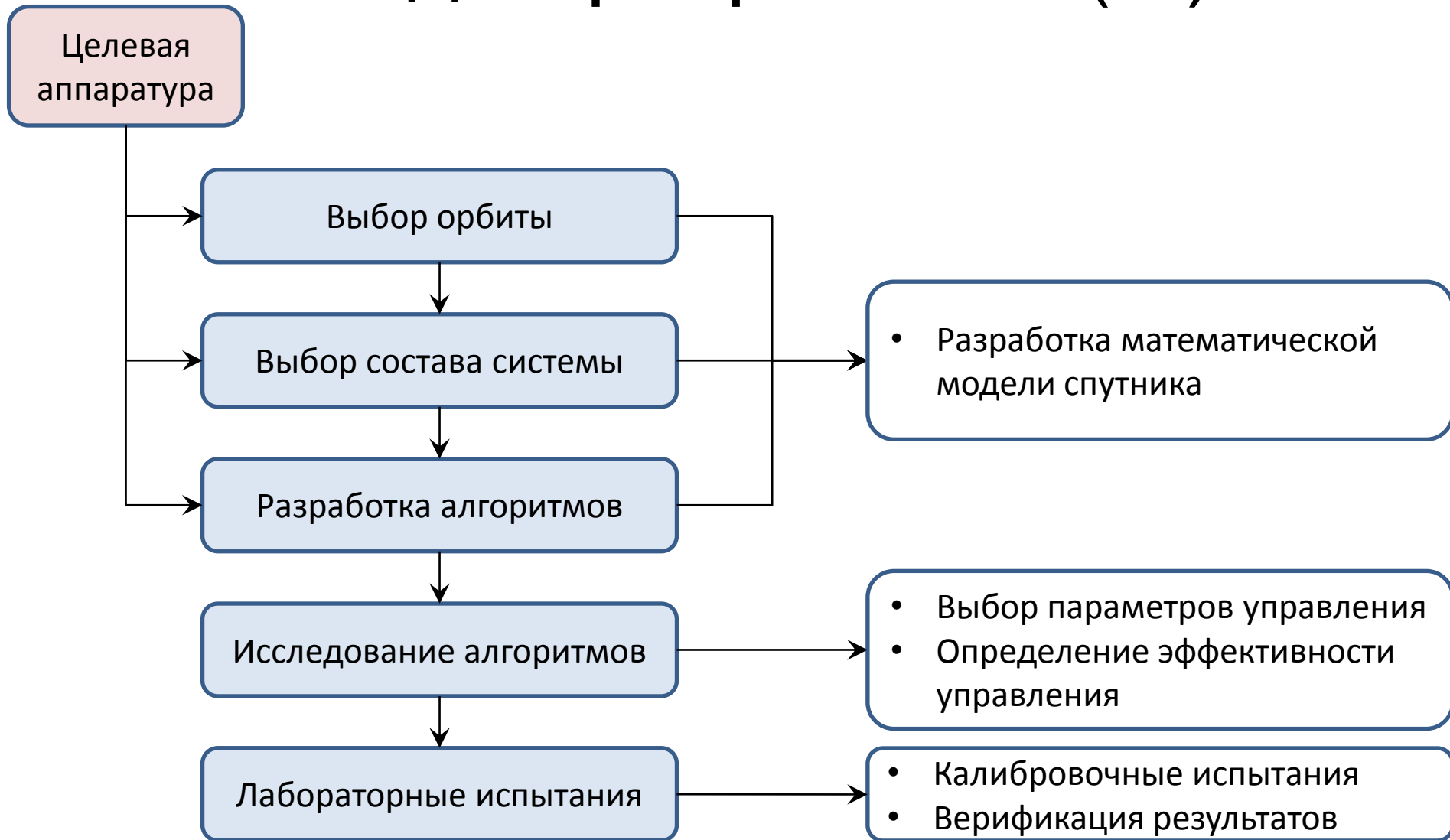
Стадии разработки (I)



Стадии разработки (II)



Стадии разработки (III)



Стадии разработки



Постановка задачи

Задача

Управление объектов в условиях дефицита измерительной информации и с учетом ограничений по управляющему воздействию

Объекты управления

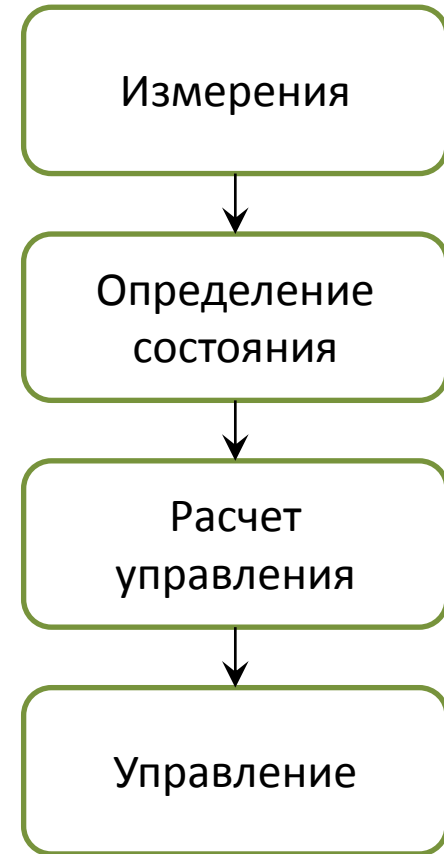
Твердое тело

Связка твердых тел

Связка твердое тело + упруго-деформируемое тело

Средства

Система определения и управления ориентацией



Возможности

- Магнитные системы
 - токовые катушки*
 - гистерезисные стержни*
 - постоянные магниты*
- Гирскопические системы
 - маховики*
 - гиродины*
 - силовые гироскопы*
- Реактивные двигатели
- Гравитационные системы
 - специальная конструкция спутника*
 - гравитационная штанга*



Магнитные системы

Управляющий момент

$$\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{B}$$

\mathbf{m} – магнитный момент

\mathbf{B} – индукция геомагнитного поля

Преимущества

Относительная простота реализации

Не создает вибрации

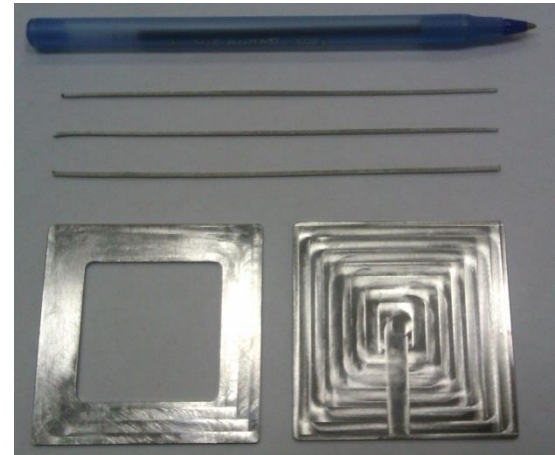
Не требует рабочего тела

Недостатки

Необходимо внешнее магнитное поле

Вырожденность управление

Низкая точность



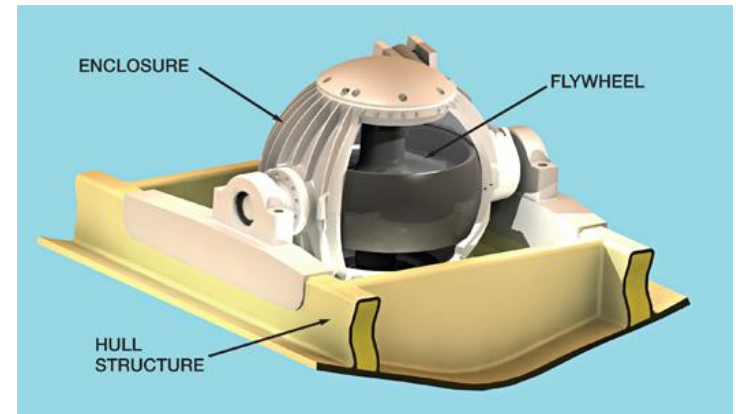
Гироскопические системы

Управляющий момент

$$\mathbf{M} = -\dot{\mathbf{H}} - \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{H}$$

\mathbf{H} – кинетический момент

$\boldsymbol{\omega}$ – угловая скорость спутника



Преимущества

Не требует наличия внешних полей

Высокая точность

Не требует рабочего тела

Недостатки

Сложность конструкции

Вибрации

Особенности в управлении

Угловое движение - идентификация

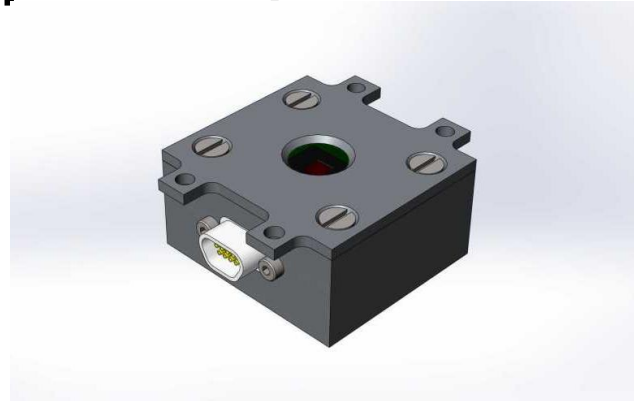
Позиционные датчики

датчик Солнца

магнитометр

датчик горизонта

звездная камера



Датчики скорости

датчик угловой скорости

датчик ускорения

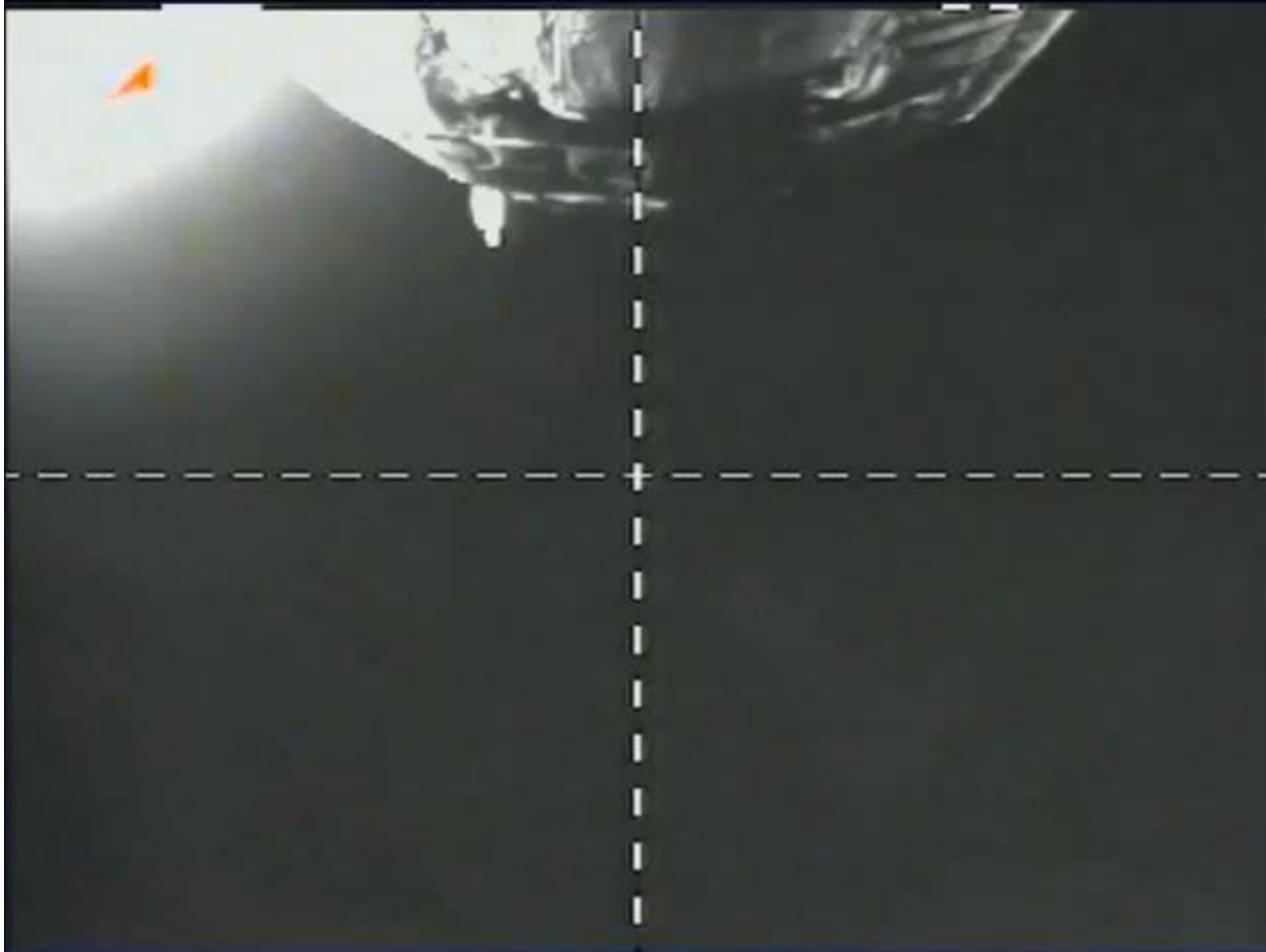


Запуск



THC-0 (2009, РКС)

Запуск



Чибис-М (2012, ИКИ РАН)