

Вводное слово

Работы по проекту «Фобос-Грунт»

Э.Л. АКИМ

Доклад на мемориальном заседании,
посвященном памяти Д.Е. Охоцимского



Проект “Фобос-Грунт” возник в стенах ИПМ и разрабатывался в тесном взаимодействии с НПО им. Лавочкина и НИИПМиЭ МАИ (в части использования ЭРД’у). Основная задача проекта — забор и доставка на Землю образцов грунта Фобоса.

Проект имеет:

- фундаментальное научное значение - доставка на Землю реликтового вещества (поддержан ГЕОХИ РАН), исследования Фобоса и Марса (поддержан ИКИ РАН);
- важное научно-техническое значение - создание универсальной платформы для полетов в Солнечной системе;
- важное общественно-политическое значение - после 20 летнего перерыва в полетах наших КА к Луне и планетам восстановить авторитет нашей страны в планетных космических исследованиях.

Фобос

История открытия

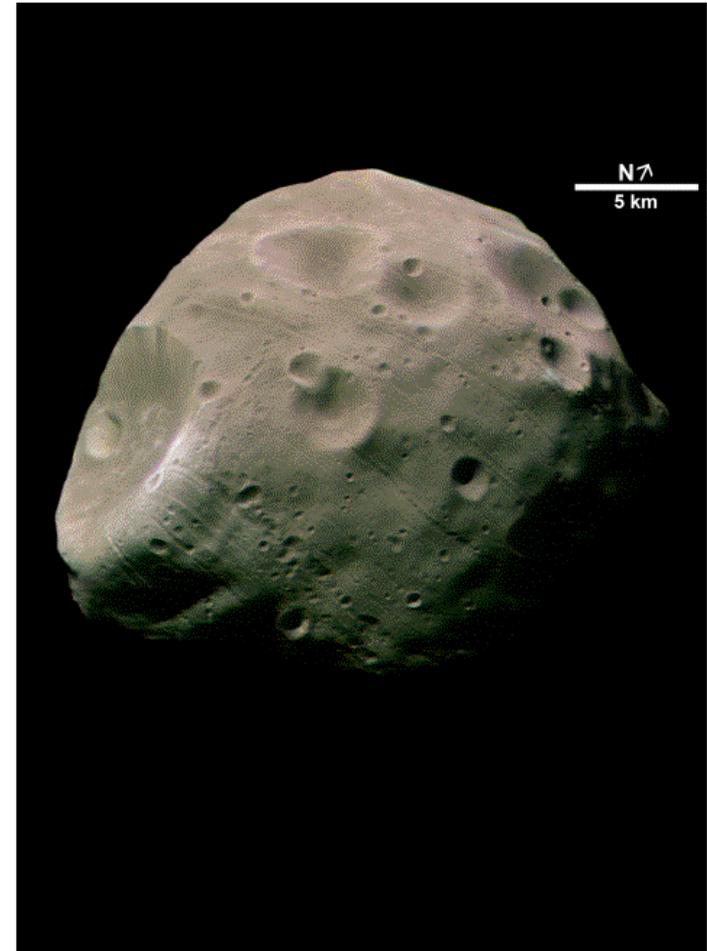
Первооткрыватель	Асаф Холл
Дата открытия	18 августа 1877

Орбитальные характеристики

Полуось	9377,2 км
Эксцентриситет	0.0151
Орбитальный период	7 ч 39.2 мин
Наклонение плоскости орбиты к экватору Марса	1.093°

Физические характеристики

Размеры (оси эллипсоида)	26.6×22.2×18.6 км
Масса	1.07×10^{16} кг
Плотность	1.9 г/см ³
Гравитац. постоянная	7.158×10^{-4} км ³ /с ²
Альbedo	0.07



Снимок Фобоса, сделанный космическим аппаратом «Марс-экспресс»

В проекте ИПМ решал задачи баллистики, навигации и управления полетом КА на всех этапах полета

- выбор схемы полета, состава и точности наземных и бортовых средств траекторных измерений, программы работы этих средств;
- определение траекторий КА по данным траекторных измерений, прогнозирование движения КА, оценки точности определения и прогноза, ошибки приведения КА;
- оценка потребной характеристической скорости для маневров и коррекций траектории КА, оценки влияния ошибок исполнения маневров и коррекций траектории на точность прогноза движения КА;
- проектирование предпосадочных квазисинхронных орбит КА вокруг Фобоса для точек посадки на любой долготе;
- математическое моделирование процессов сближения КА с Фобосом и посадки на его поверхность;
- построение необходимой для решения навигационной задачи полета КА к Фобосу высокоточной теории орбитального движения Фобоса.

Баллистико-навигационное содержание проекта глубоко проработано:

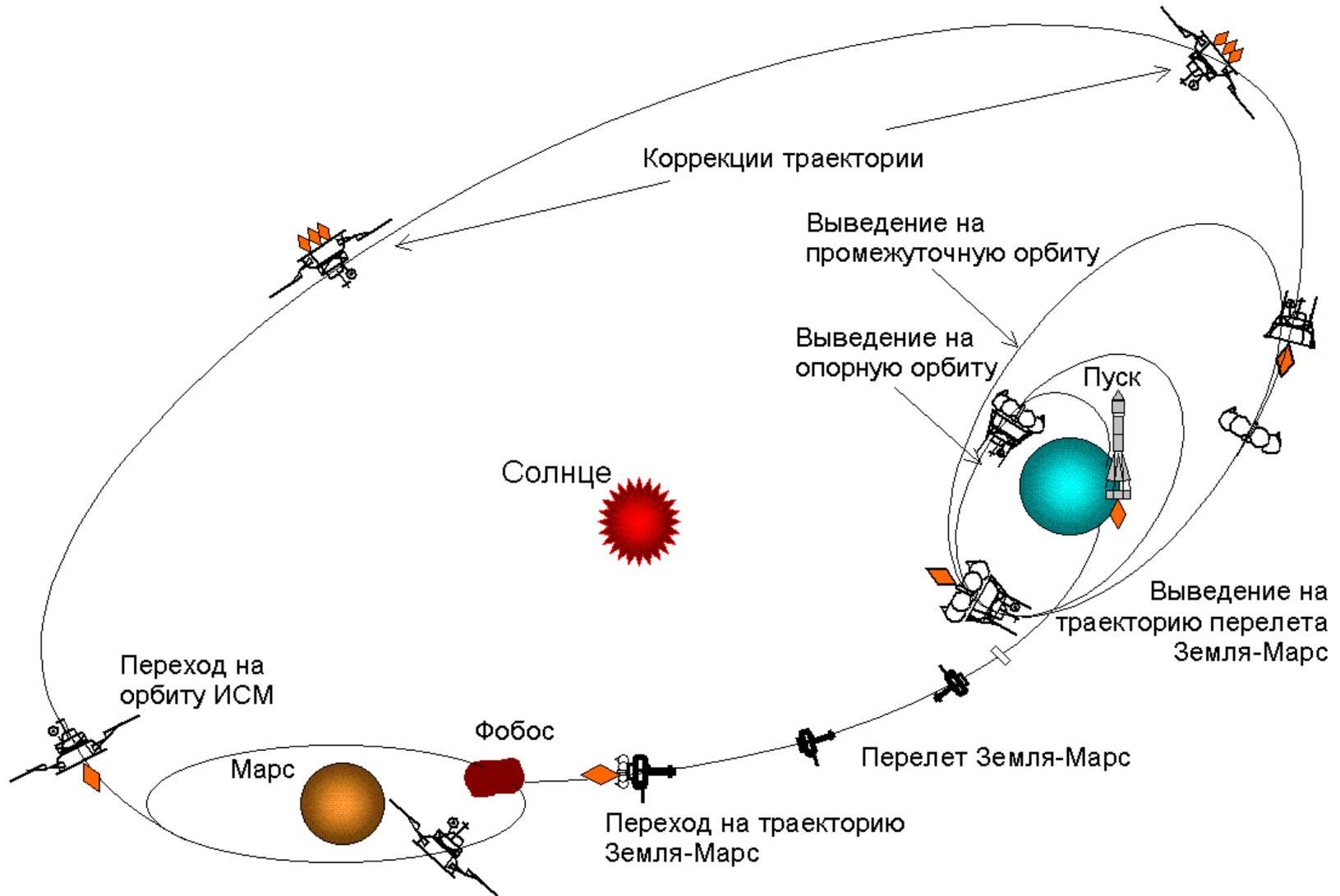
- выполнен НИР;
- разработаны и защищены Технические предложения;
- разработан и защищен Эскизный проект;
- завершается рабочее проектирование .

Старт КА намечен на 2011 год.

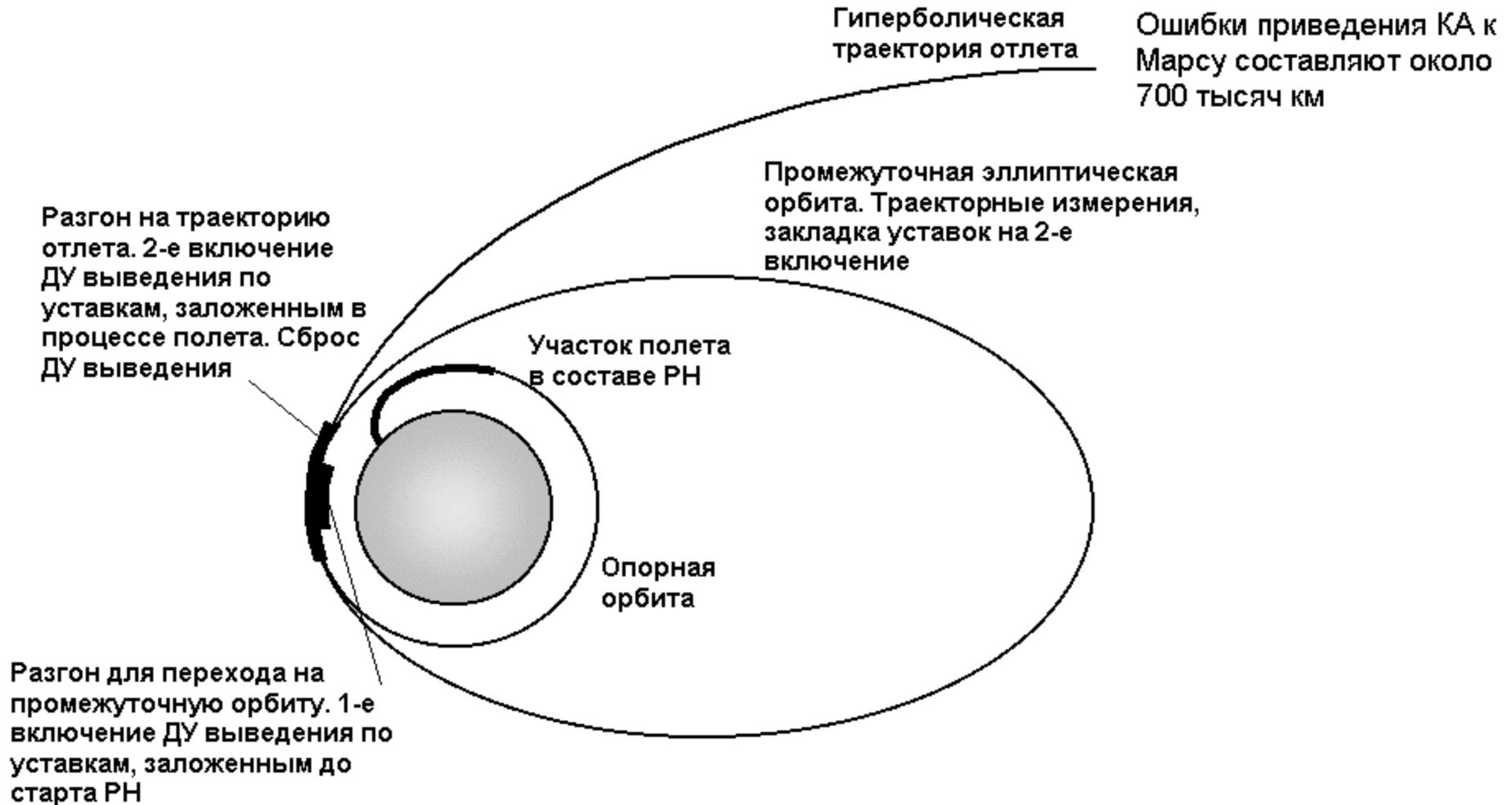
Схема экспедиции включает четыре последовательных этапа:

- выведение КА на отлетную от Земли траекторию;
- перелет КА от Земли к Марсу, завершаемый переходом на ОИСМ;
- орбитальное движение КА в сфере действия Марса и маневрирование, обеспечивающее тесное сближение КА с Фобосом, посадку КА на его поверхность, забор образцов грунта, старт с Фобоса возвращаемого аппарата и его полет по околомарсианской орбите ожидания;
- старт с орбиты ожидания возвращаемого КА и перелет к Земле, завершаемый входом в ее атмосферу и посадкой в заданный район территории нашей страны.

Схема полета КА «Фобос-Грунт»



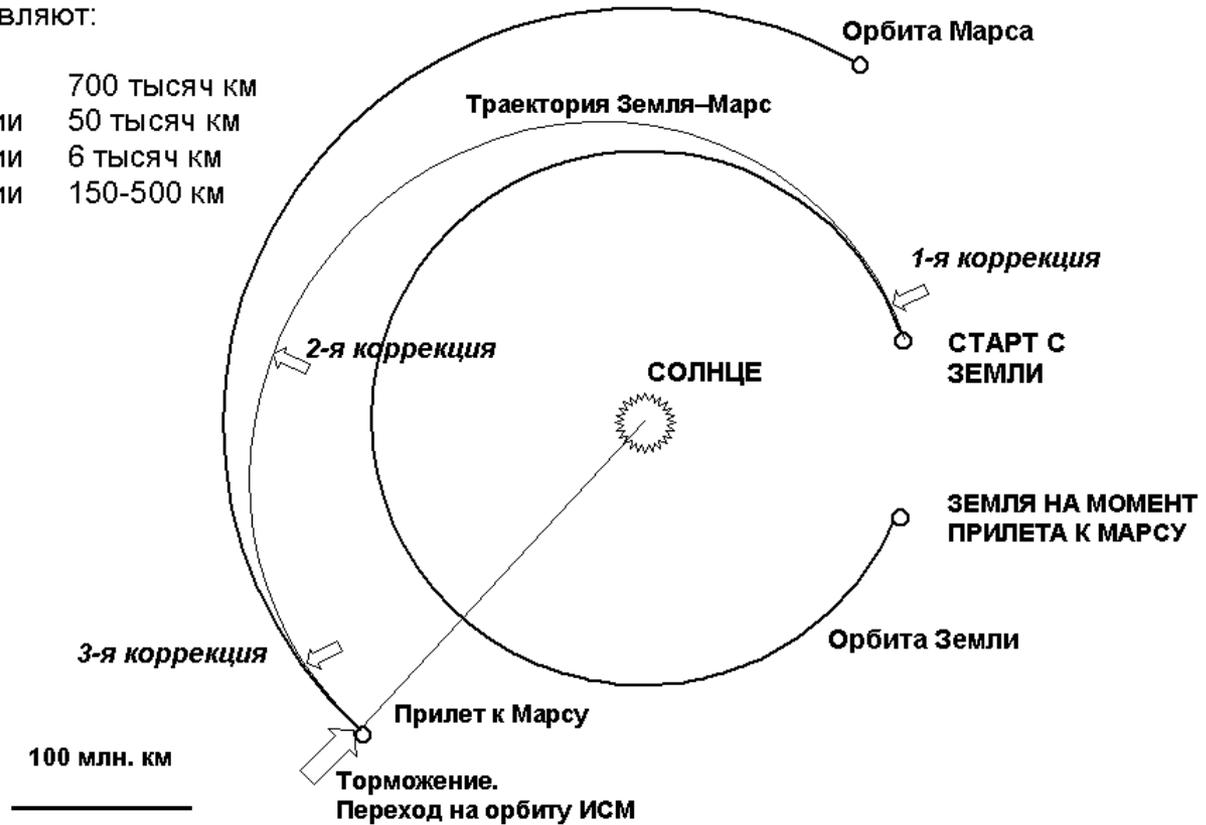
Выведение на траекторию перелета к Марсу



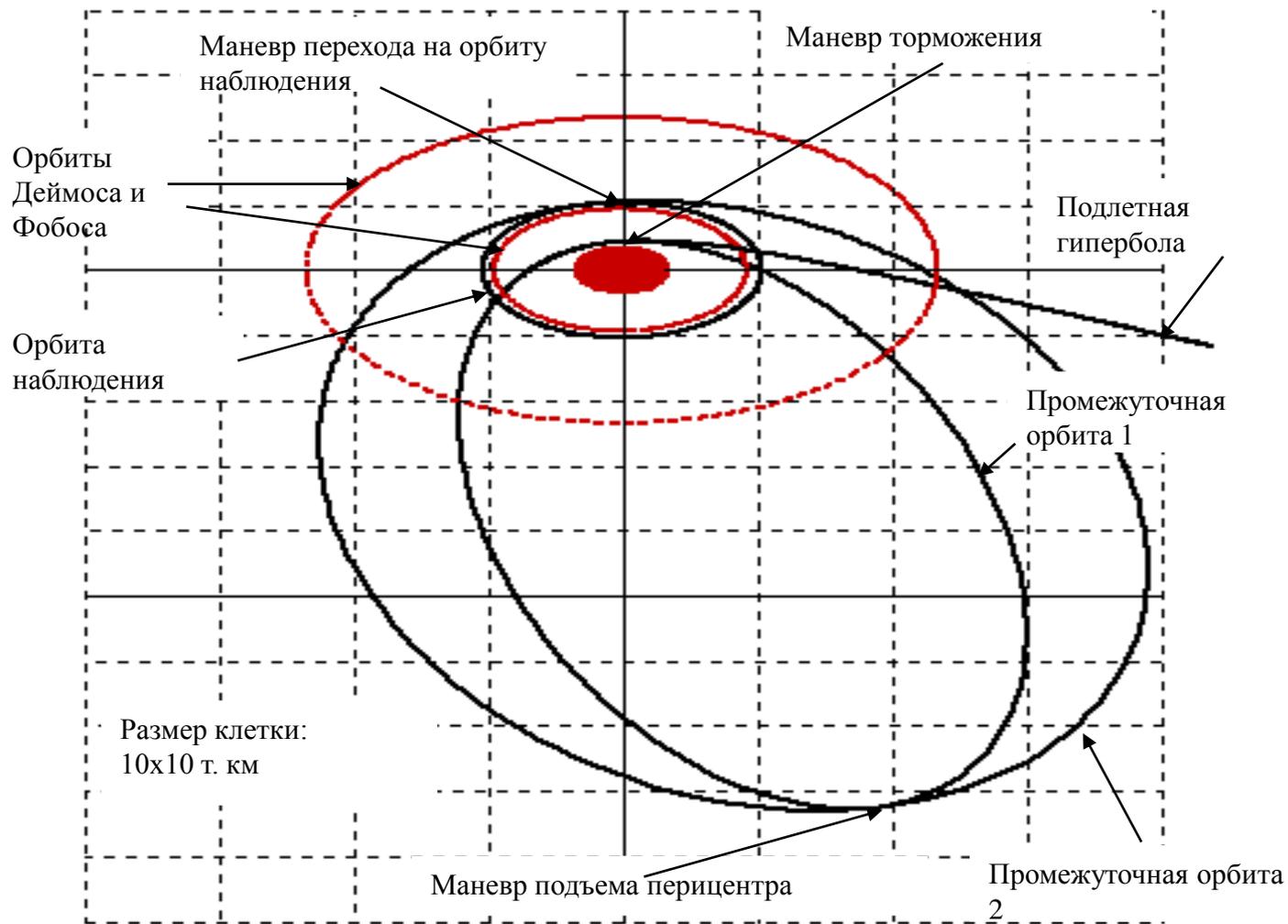
Гелиоцентрическая траектория Земля-Мартс

Ошибки приведения КА к Марсу
составляют:

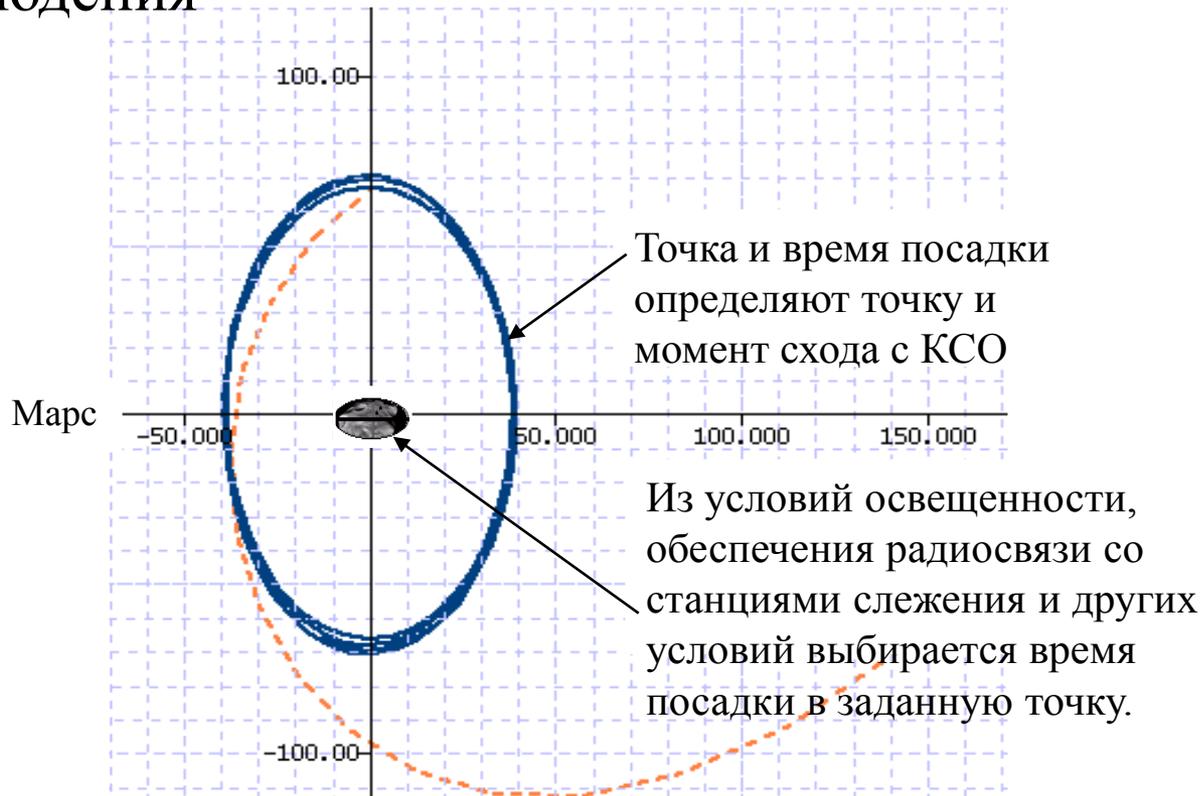
До 1-й коррекции	700 тысяч км
После 1-й коррекции	50 тысяч км
После 2-й коррекции	6 тысяч км
После 3-й коррекции	150-500 км



Маневрирование на орбитах ИСМ

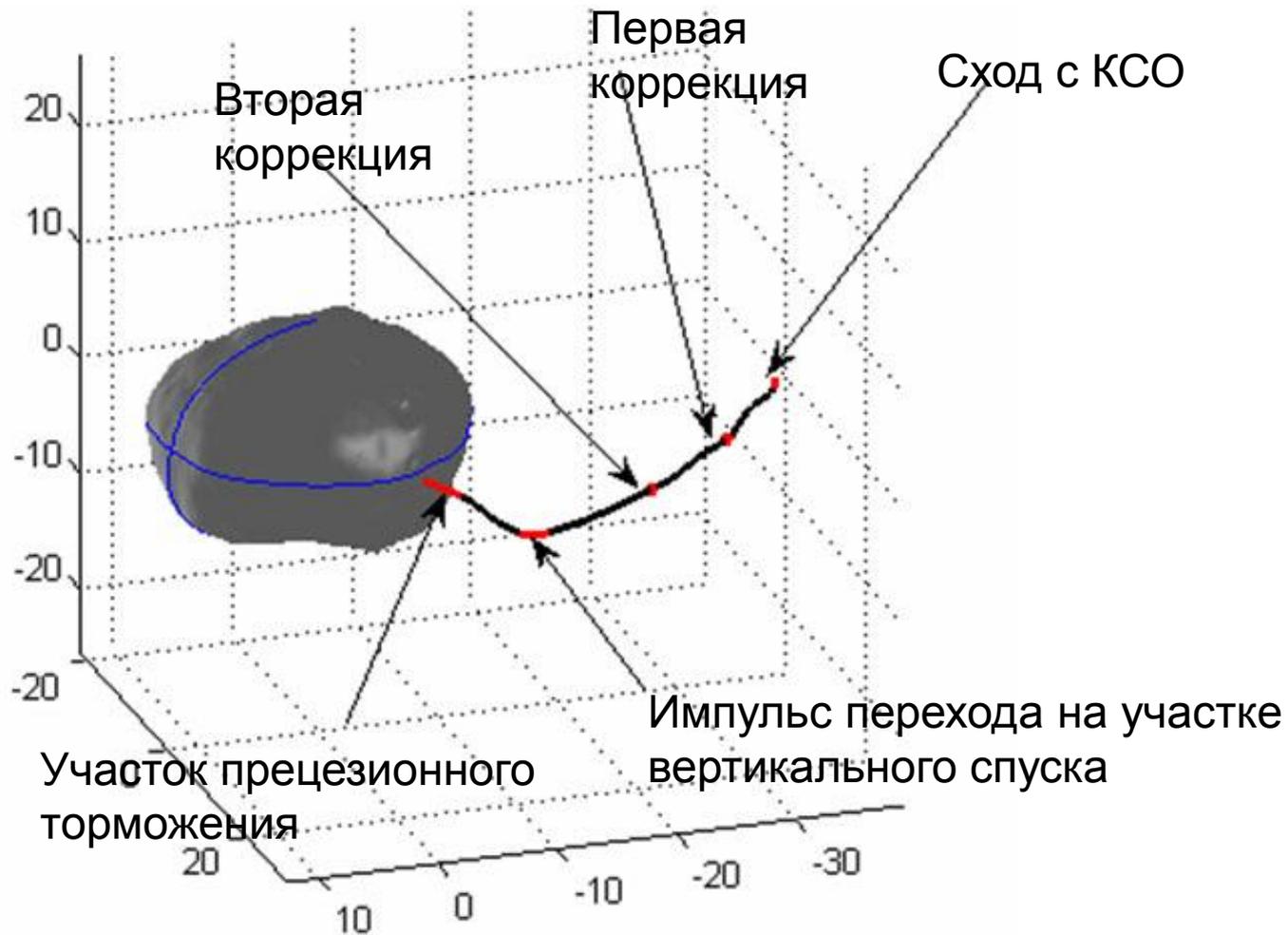


Выбор квазисинхронной орбиты и переход на нее с орбиты наблюдения



Из семейства квазисинхронных орбит, проходящих через заданную точку в заданное время, выбирается такая КСО, которая при других проходах долготы выбранной точки удаляется от нее на минимальное расстояние.

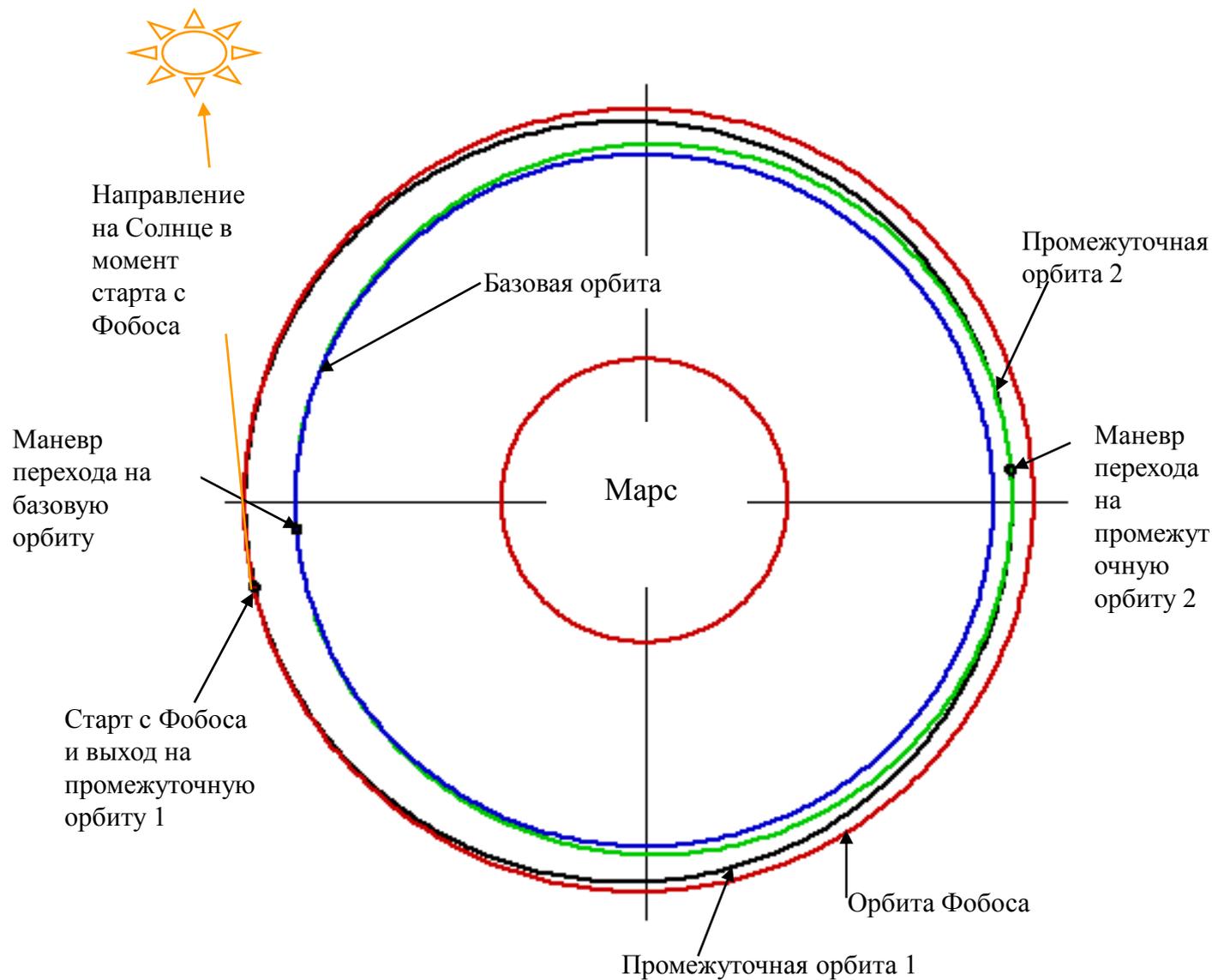
Посадка на Фобос



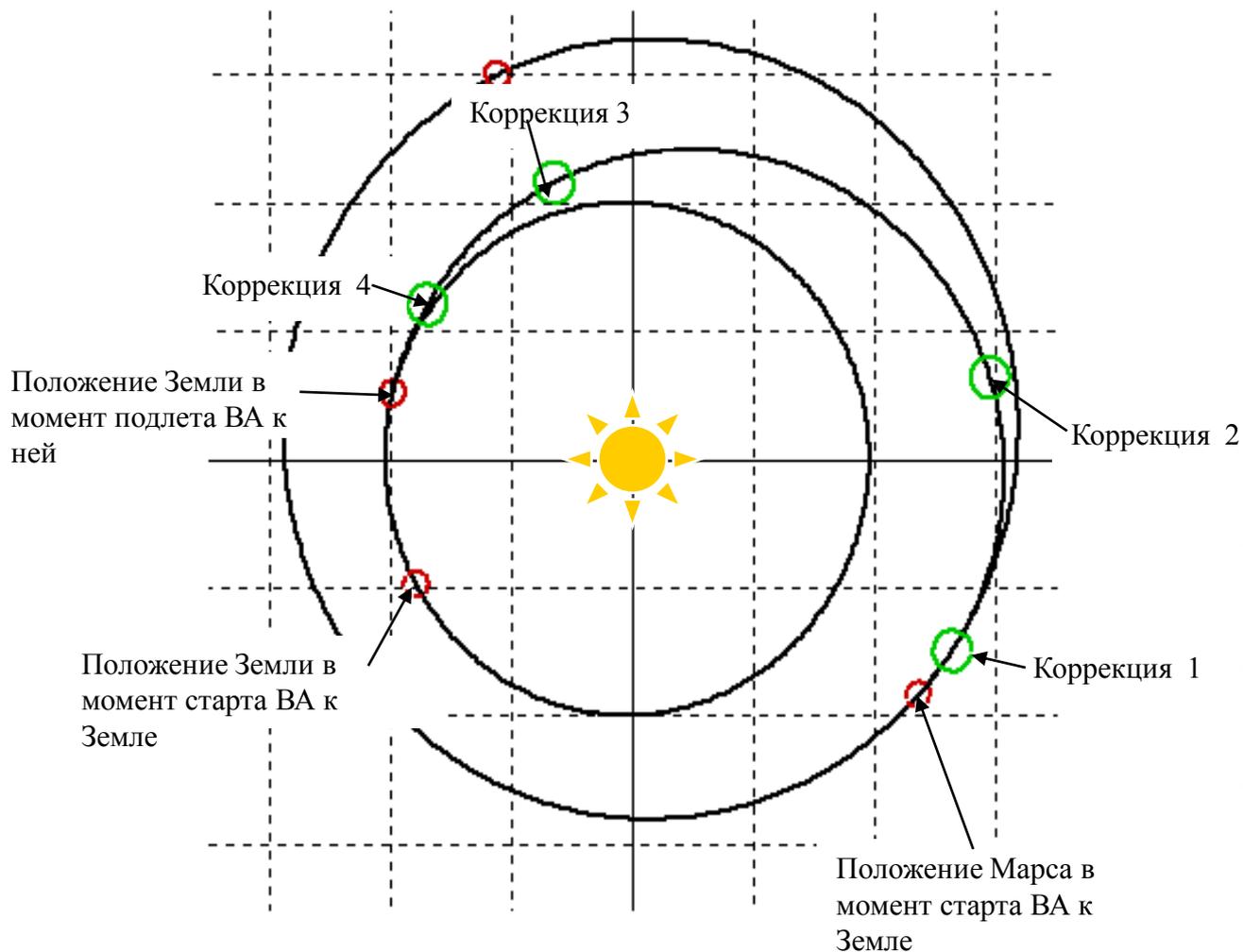
Стенд с макетом бортовой машины



Старт с Фобоса и переход на базовую орбиту



Перелет к Земле



- $\Delta V_1 < 80 \text{ м/с}$
- $\Delta V_2 < 20 \text{ м/с}$
- $\Delta V_3 < 15 \text{ м/с}$
- $\Delta V_4 < 10 \text{ м/с}$
- $\Delta V_5 < 15 \text{ м/с}$

5-я коррекция проводится за 12-72 часов до встречи с Землей. Точность наведения $\sim 30 \text{ км}$

Точность прогнозирования $\sim 3 \text{ км}$

Основные этапы проекта

Окно стартов: 30.10.2011 – 21.11.2011

Наименование этапа	Начало
Старт	08.11.2011
Прилёт к Марсу	10.09.2012
Орбита наблюдения	январь 2013
КСО	08.02.2013
Посадка	14.02.2013
Старт с Фобоса	
Перелёт к Земле	03 - 23.09.2013
Возвращение на Землю	август 2014