



# Создание 3D-модели наноспутника для исследования поверхности Марса

## **Участники проекта:**

Антонов А.А.

Володина А.Р.

Кирилюк Ф.А.

Корепанов И.А.

Лучинский Д.А.

Полторыхина В.А.

Тузикова Т.А.

## **Руководитель:**

Спиркина И.А.

# Проблема проекта

- Нехватка данных для создания на поверхности Марса жилой колонии.

## Цель проекта

- Создание 3D-модели наноспутника для изучения поверхности Марса.

## Задачи проекта

- Изучение Марса и его основных характеристик;
- Изучение характеристик спутников дистанционного зондирования Земли, поиск и подбор аналогов;
- Проведение необходимых расчётов;
- Создание 3D-модели наноспутника;
- Оформление полученных результатов.

# Исследование Марса

- Масса планеты –  $6,418 \cdot 10^{23}$  кг (11 % массы Земли). Ускорение свободного падения на экваторе равно  $3,711 \text{ м/с}^2$  (0,378 земного); первая космическая скорость составляет  $3,6 \text{ км/с}$ , вторая –  $5,027 \text{ км/с}$ .
- Период вращения планеты – 24 часа 37 минут 22,7 секунд (относительно звёзд), длина средних солнечных суток (называемых *солами*) составляет 24 часа 39 минут 35 секунд, всего на 2,7 % длиннее земных суток. Марсианский год состоит из 668,6 марсианских солнечных суток.



- Марс вращается вокруг своей оси, наклонённой к перпендикуляру плоскости орбиты под углом  $25,19^\circ$ . Наклон оси вращения Марса обеспечивает смену времён года. Из-за вытянутой орбиты северная весна и лето, вместе взятые, длятся 371 сол, то есть заметно больше половины марсианского года. В то же время они приходится на участок орбиты Марса, удалённый от Солнца. Поэтому на Марсе северное лето долгое и прохладное, а южное – короткое и относительно тёплое.
- Температура на планете колеблется от минус  $153^\circ\text{C}$  на полюсе зимой и до более плюс  $20^\circ\text{C}$  на экваторе в полдень. Средняя температура составляет минус  $50^\circ\text{C}$ .
- По данным НАСА (2004), атмосфера Марса состоит на  $95,32\%$  из углекислого газа; также в ней содержится  $2,7\%$  азота,  $1,6\%$  аргона,  $0,13\%$  кислорода,  $210\text{ ppm}$  (миллионная доля) водяного пара,  $0,08\%$  угарного газа, оксид азота (NO) –  $100\text{ ppm}$ , неон (Ne) –  $2,5\text{ ppm}$ , полутяжёлая вода водород-дейтерий-кислород (HDO)  $0,85\text{ ppm}$ , криптон (Kr)  $0,3\text{ ppm}$ , ксенон (Xe) –  $0,08\text{ ppm}$  (состав приведён в объёмных долях).

- Атмосфера Марса, состоящая в основном из углекислого газа, очень разрежена. Давление у поверхности Марса в 160 раз меньше земного – 6,1 Мбар на среднем уровне поверхности. Из-за большого перепада высот на Марсе давление у поверхности сильно изменяется. Примерная толщина атмосферы – 110 км.
- Две трети поверхности Марса занимают светлые области, получившие название материков, около трети – тёмные участки, называемые морями. Моря сосредоточены главным образом в южном полушарии планеты, между 10 и 40 широты. В северном полушарии есть только два крупных моря – Ацидалийское и Большой Сирт.



# Статистические данные спутников дистанционного зондирования

Параметры	Ресурс-П	Канопус-В	Метеор-М №2	Электро-Л
Масса	6275 кг	400-500 кг	2778 кг	1766 кг
Габариты	7,93 5 4,5 м	0,9 0,75 м	5,0 14,0 2,5 м	5,5 2,5 м
Двигатель		2 СПД-5		8 ТК500М16 К50-10.1
Срок службы	5 лет	5 лет	5 лет	10 лет



➤ Электро-Л



➤ Метеор-М №2



➤ Канопус-В



➤ Ресурс-П

# Малые космические аппараты

В настоящее время наиболее перспективным этапом развития космической отрасли является создание малых космических аппаратов, в том числе наноспутников массой от 1 до 10 кг. За период с 1990 по 2003 год на орбиту было выведено 64 малых спутника с массой менее 30 кг, из них 41 — США.

Малые космические аппараты могут применяться для:

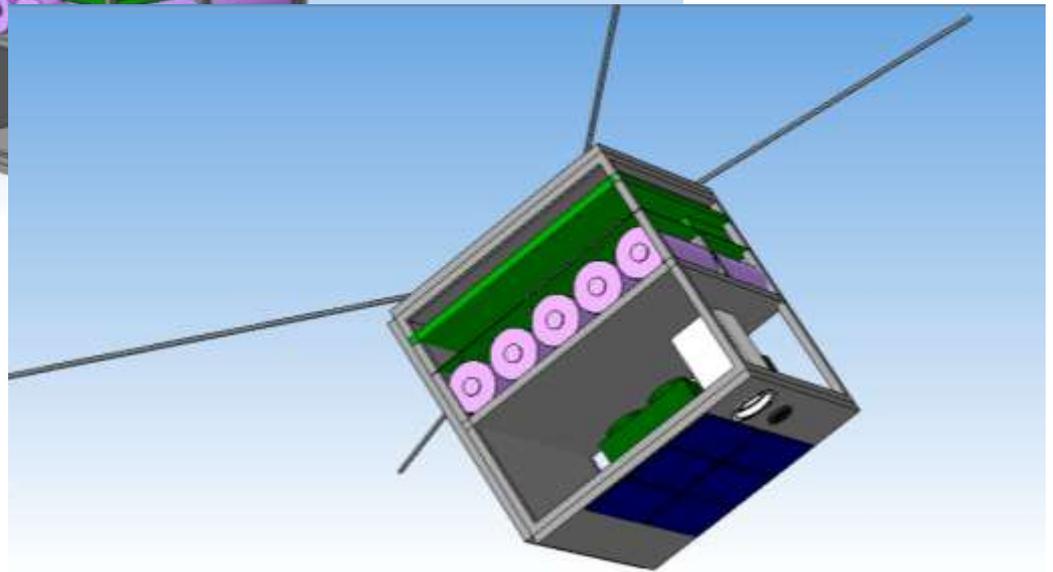
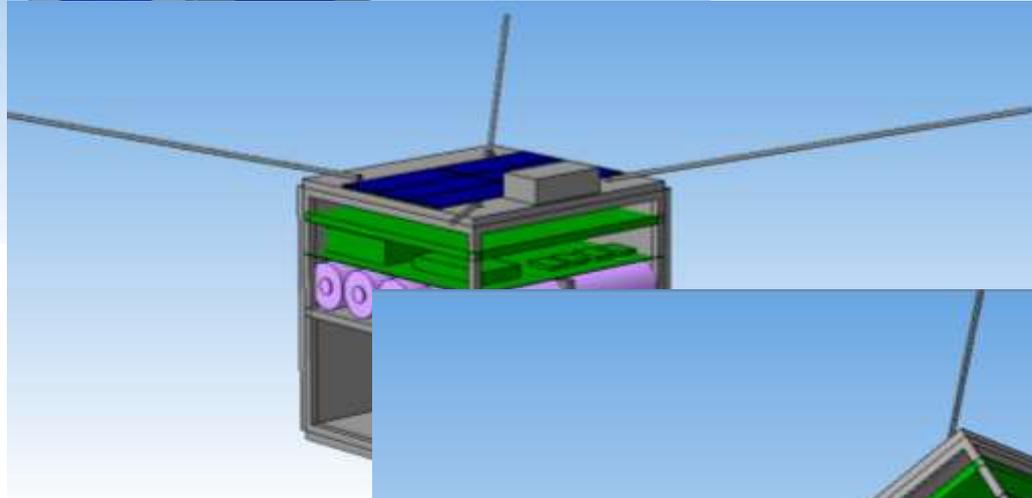
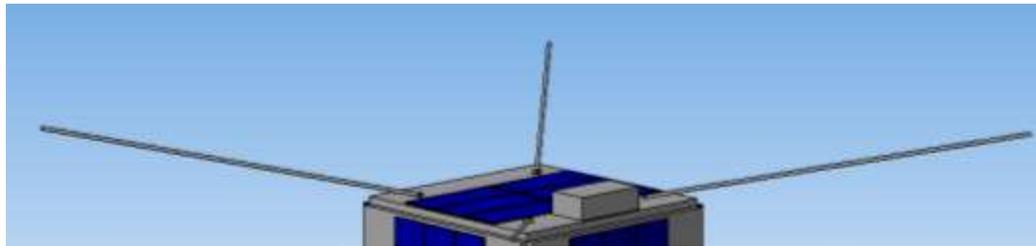
- Исследования систем связи;
- Калибровки РЛС и оптических систем контроля космического пространства (в том числе пассивные КА);
- Дистанционного Зондирования Земли (ДЗЗ);
- Исследования тросовых систем;
- В образовательных целях.

# Описание наноспутника

Проектируемый наноспутник предназначен для изучения поверхности Марса с его орбиты, т.е. для дистанционного зондирования поверхности Марса. Создание 3D-модели спутника производилось на основании собранных статистических данных и предварительных проектных расчётов.

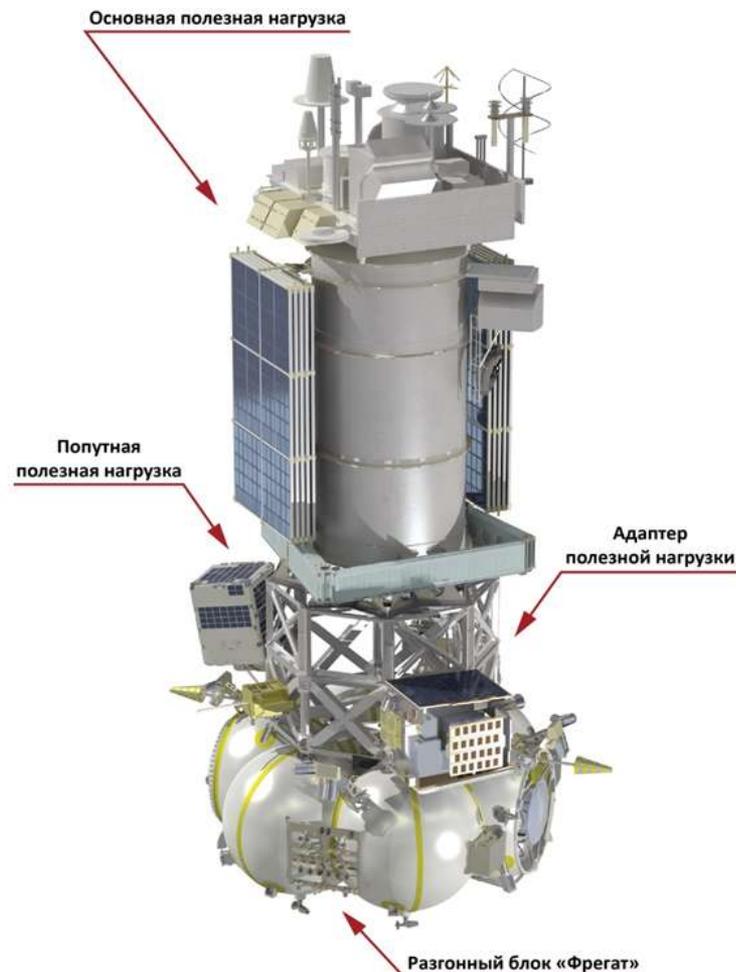
Наноспутник состоит из:

1. Корпус 300x300x300 мм;
2. Приборная панель для анализирования данных;
3. Аппаратура наблюдения (камера, инфракрасные датчики);
4. Солнечные панели;
5. Блок определения координат звёзд;
6. Центральный блок управления для ориентации и стабилизации спутника;
7. Антенны передачи данных;
8. GPS-модуль.



# Методика расчета полета спутника к орбите марса

Доставка наноспутников на орбиту Марса будет осуществляться посредством отправки к Марсу основной полезной нагрузки (ПН), к которой с помощью специального адаптера, будет крепиться серия наноспутников.

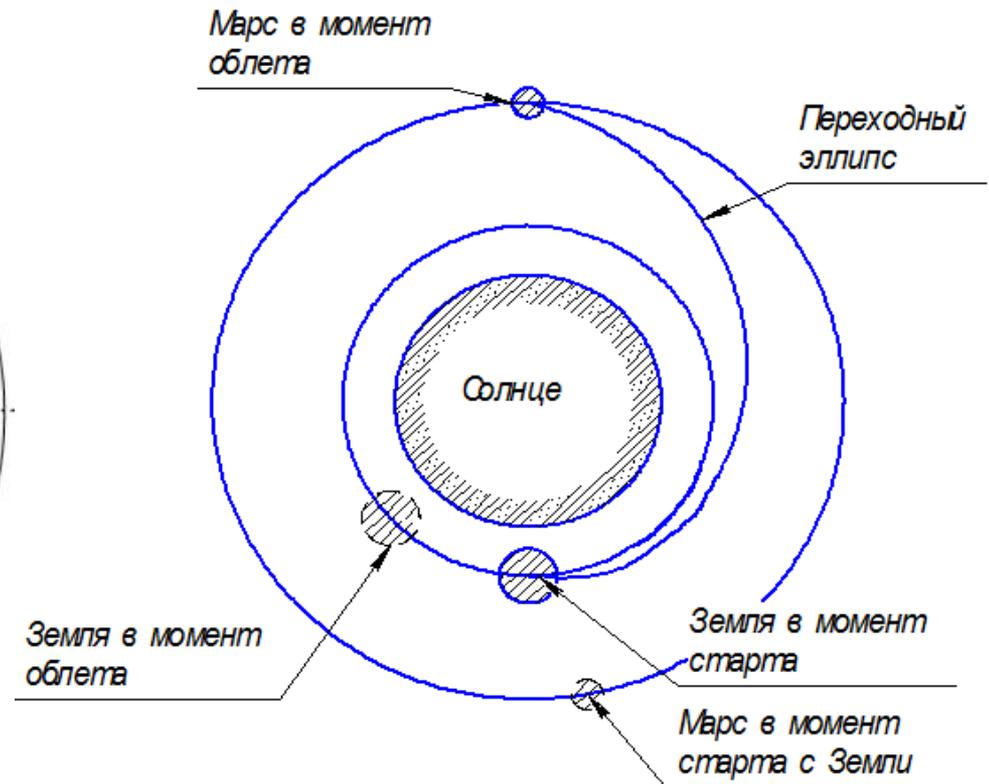
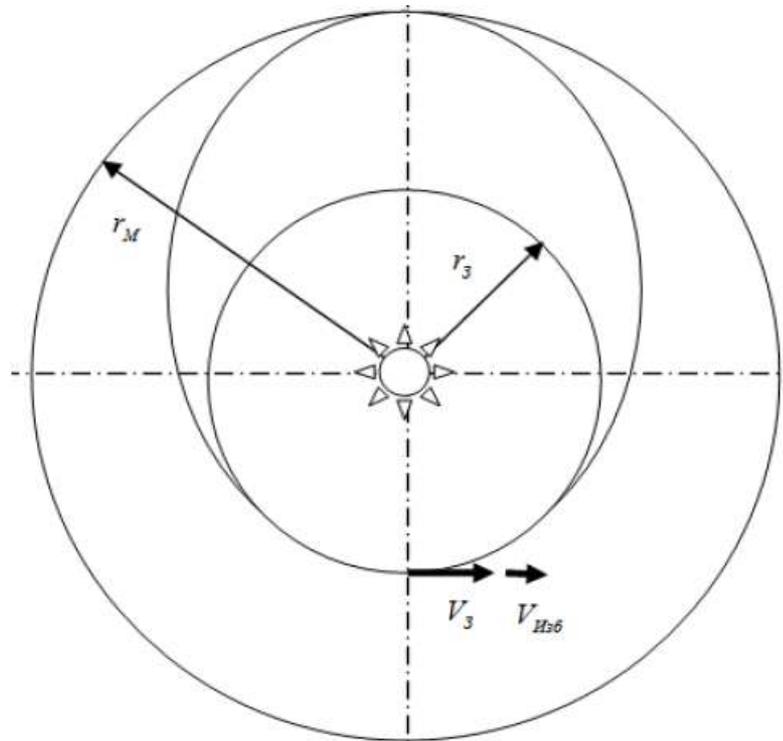


# Основные этапы миссии

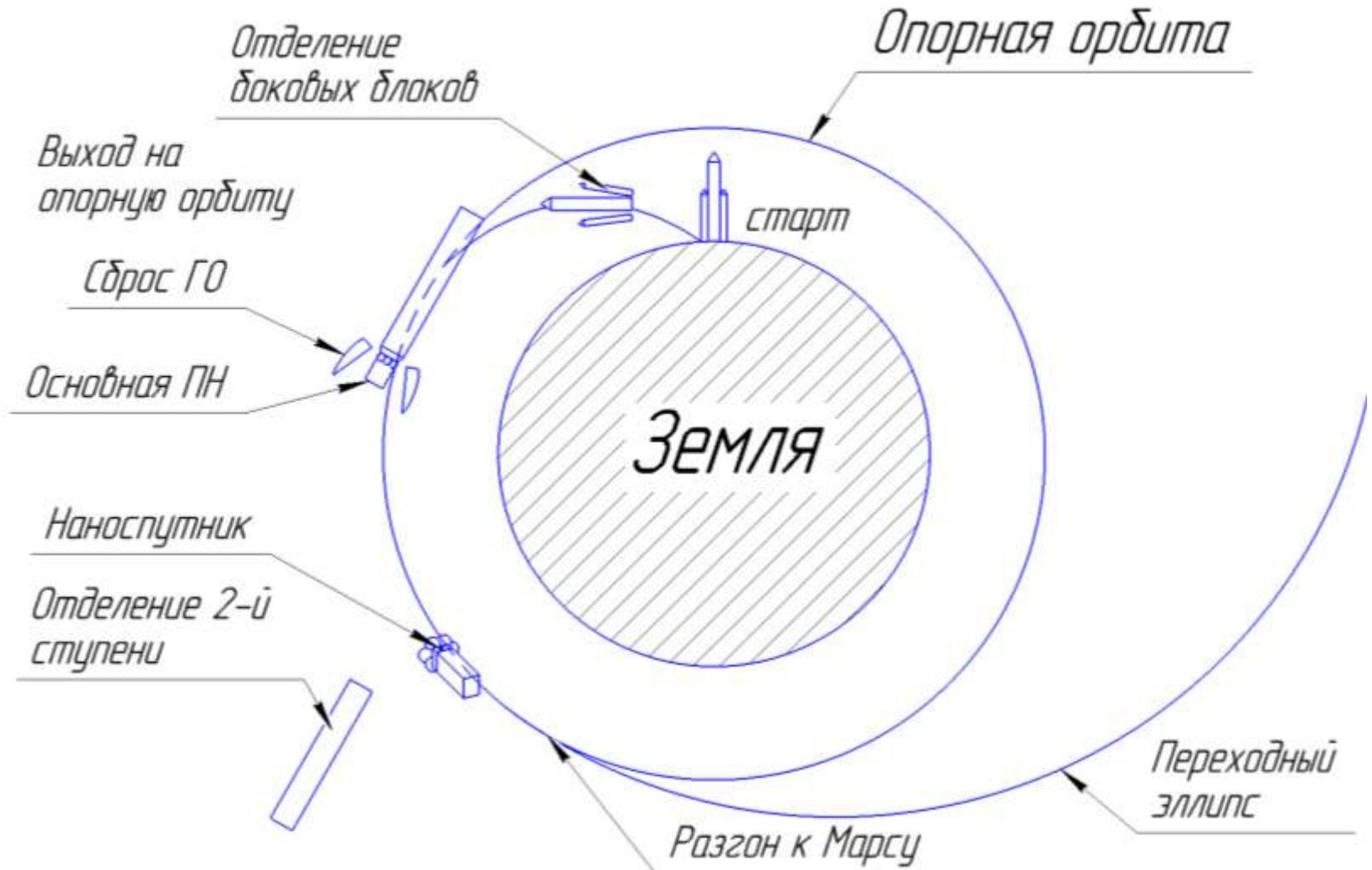
- Старт с Земли и выведение ПН на траекторию полета к Марсу;
- Перелет Земля-Марс с проведением 2-х коррекций межпланетной траектории, увод ПН на пролетную траекторию, обеспечивающую выход на выбранную орбиту искусственного спутника Марса (ИСМ);
- Разворот, торможение и выход на орбиту ИСМ с номинальным периодом обращения 43,09 ч (период обращения 43,09 ч выбран из условия прохождения 4-х витков космическим аппаратом за 7 оборотов Марса);
- Коррекции орбиты ИСМ (фазирование, понижение высоты перицентра, синхронизация), проведение цикла сеансов связи орбитального аппарата с малыми станциями, облет Марса по околomarсовой орбите  $\approx 200$  км;
- Отстыковка наноспутников на орбите Марса, проверка работоспособности, получение телеметрии, необходимых снимков и данных;
- Посадка основной ПН на Марс.

# Гомановский переход космического аппарата с орбиты Земли на орбиту Марса

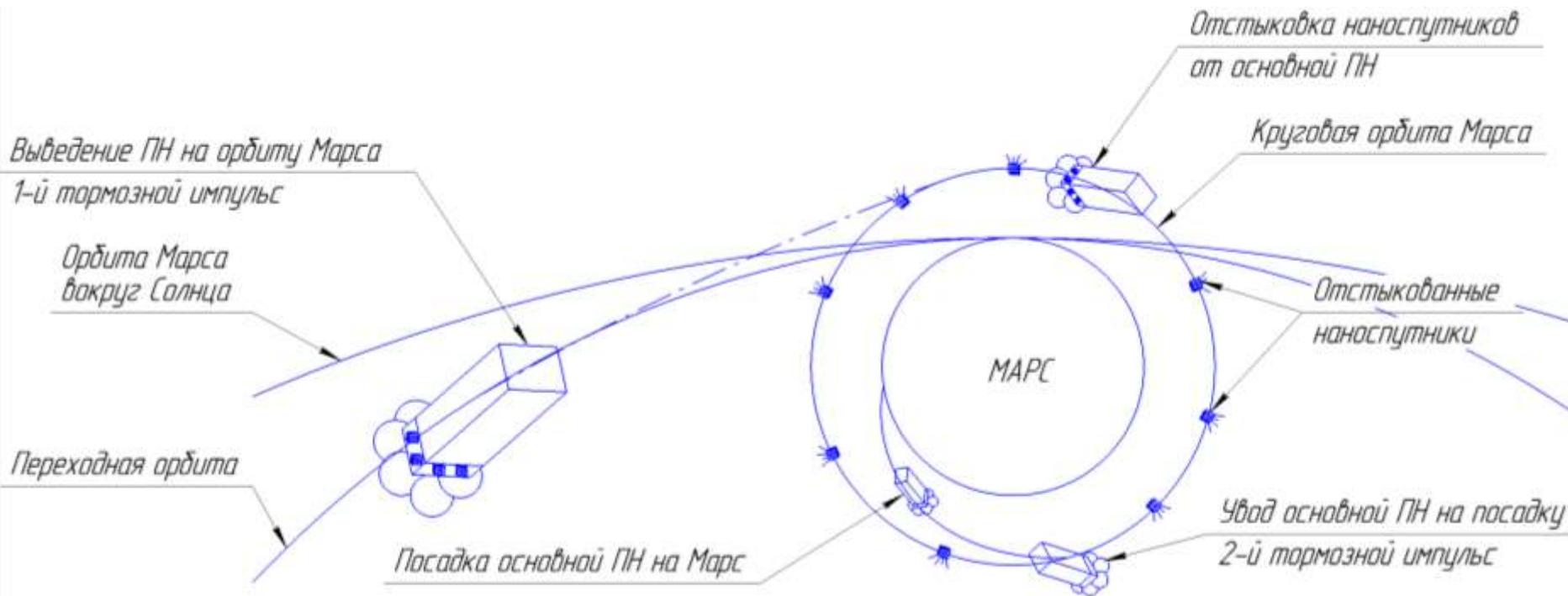
Время миссии составит в среднем 200 сут или 7-8 месяцев.



# Вывод РКК на траекторию полета к Марсу



# Схема выведения наноспутников на орбиту Марса



# Этапы улучшения проекта

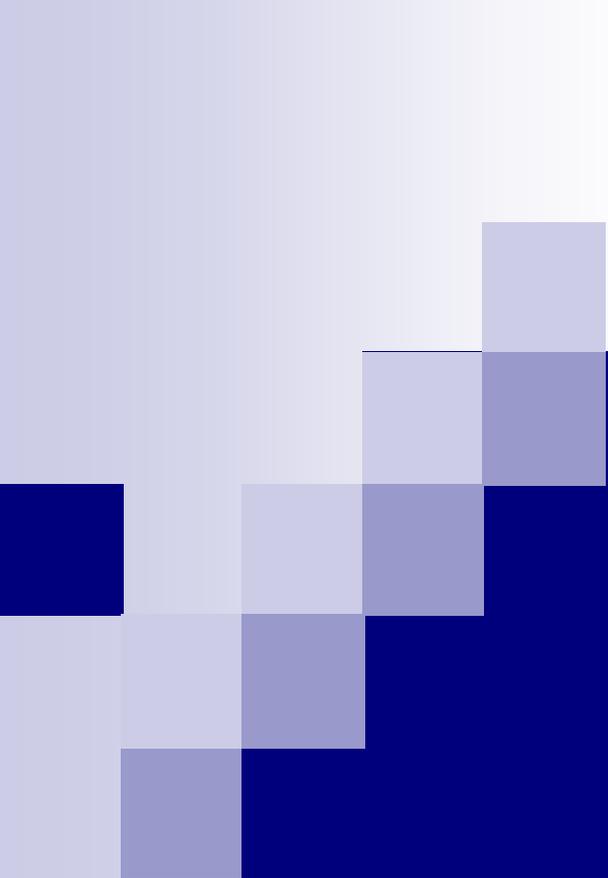
- Детальный расчет масс приборов и необходимой аппаратуры;
- Улучшение внутренней компоновки спутника с последующим уменьшением размеров до стандарта CubeSat;
- Подбор конструкционного материала;
- Расчет на прочность и надежность конструкции спутника;
- Расчет стоимости изготовления и экономической рентабельности проекта;
- Проектирование ракеты-носителя сверхлегкого класса для отправки наноспутников на орбиту, как самостоятельный полезный груз.

# Выводы

В ходе исследовательской работы были получены следующие результаты:

- Изучены характеристики Марса;
- Собраны статистические данные по спутникам дистанционного зондирования и наноспутникам;
- Создана 3D-модель наноспутника;
- Выбрана схема компоновки спутников;
- Определены основные этапы миссии;
- Проведены необходимые расчеты.

В настоящее время разработкой наноспутников дистанционного зондирования планет занимаются крайне малое число компаний, а учитывая модульность конструкции и относительную дешевизну изготовления и запуска, создание малых КА – это крайне перспективное направление космонавтики. По оценкам экспертов уже в ближайшие годы, учитывая темпы роста технического прогресса, позволить себе спутник сможет любая школа. А через 10-15 лет— любой человек.



Спасибо за  
внимание!