

Российская Федерация  
Департамент образования комитета по социальной политике и культуре  
администрации г. Иркутска

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
города Иркутска средняя общеобразовательная школа №27

# **Моделирование аппарата для исследования поверхностей космических объектов**

Работа ученика 10А класса  
Крупинского Андрея  
Александровича

Руководитель проекта  
Тууль Яна Юрьевна  
Константинова Наталя  
Александровна

Работа допущена к защите « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Подпись руководителя проекта ( \_\_\_\_\_ )

Иркутск, 2026 г.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. Какие материалы будут использоваться .....</b>	<b>5</b>
<b>Глава 2. Дизайн .....</b>	<b>7</b>
<b>Глава 3. Предметы исследования.....</b>	<b>10</b>
<b>Глава 4 Практическая часть .....</b>	<b>13</b>
<b>Заключение. ....</b>	<b>15</b>

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Исследование поверхностей космических объектов является одной из ключевых задач современной астрономии и космической науки. Понимание характеристик и состава поверхностей планет, спутников, астероидов и комет позволяет не только расширить наши знания о Вселенной, но и открывает новые возможности для освоения космического пространства.

В настоящее время для исследования космических объектов используются различные методы и технологии, однако существует потребность в разработке новых, более совершенных аппаратов, способных обеспечить более точные и детальные данные. Такие аппараты должны быть оснащены современными научными инструментами и обладать высокой степенью надежности и автономности.

### **Цель проекта:**

Разработка модели аппарата для исследования поверхностей космических объектов. Основной задачей является создание устройства, которое сможет эффективно выполнять поставленные задачи в условиях космического пространства, предоставляя точные данные о составе и структуре исследуемых поверхностей.

### **Задачи:**

- 1) Изучить существующие методы и технологии исследования космических объектов.
- 2) Разработать концепцию и технические характеристики аппарата.
- 3) Провести моделирование различных аспектов работы аппарата, включая его взаимодействие с поверхностью исследуемых объектов.
- 4) Оценить эффективность и надежность предложенной модели.

**Гипотеза исследования:**

Предположим, что если автомобиль «будущего» будет удовлетворять всем потребностям человека, то можно обезопасить здоровье человека от их отрицательного влияния и окружающая среда станет экологически чистой.

**Объект исследования:**

Аппарат для контактного и дистанционного исследования поверхностей небесных тел (планет, лун, астероидов, комет), включающий:

- 1) посадочную платформу/ровера;
- 2) систему навигации и ориентации;
- 3) научные приборы (спектрометры, датчики, манипуляторы);
- 4) энергосистему и каналы связи.

**Предмет исследования:**

Процессы взаимодействия аппарата с поверхностью космического объекта и условия его функционирования, включая:

- 1) механику посадки и передвижения по неоднородному рельефу;
- 2) тепловые режимы работы в вакууме и при перепадах температур;
- 3) устойчивость к космической радиации и микрометеоритной опасности;
- 4) эффективность сбора и передачи научных данных.

**Методы исследования:**

- 1) Анализ аналогов и прототипов
- 2) 3D-моделирование
- 3) Изготовление физического макета
- 4) Функциональное тестирование макета
- 5) Визуальная и эргономическая оценка
- 6) Расчётные методы

## **Глава 1. Какие материалы будут использоваться**

При моделировании аппаратов для исследования поверхностей космических объектов используются различные материалы и технологии, которые определяют их характеристики, долговечность и взаимодействие с внешней средой. Выбор материалов зависит от задач моделирования, типа исследуемого объекта и условий эксплуатации.

### **1)Материалы конструкции аппарата**

Для изготовления элементов конструкции могут применяться:

**Полированный алюминий** — используется для корпуса космического аппарата (КА), приборного отсека и бленды.

**Арсенид-галлиевые преобразователи солнечного излучения** — применяются в панелях солнечных элементов.

**Покрытие S13G (белая краска)** — используется для крышки бленды.

При моделировании важно учитывать не только материал поверхности, но и его оптические, тепловые и другие характеристики, которые влияют на взаимодействие с окружающей средой.

### **2)Материалы покрытий и их свойства**

Покрытия могут влиять на отражательные свойства поверхности, теплоизоляцию, устойчивость к радиации и другим внешним воздействиям. Например, в оптико-геометрическом моделировании учитываются оптические характеристики материалов и покрытий функционально-конструктивных элементов (ФКЭ).

### **3)Программное обеспечение для моделирования**

Для создания и анализа моделей используются специализированные программные комплексы и инструменты, которые позволяют учитывать различные физические и геометрические параметры:

**Системы автоматизированного проектирования (САПР)** — для трёхмерного моделирования конструкции аппарата, его компонентов и компоновки.

**Специализированные программные комплексы для теплового анализа** — например, MSC Nastran, Marc, Sinda, MSC Thermica, которые позволяют моделировать теплопередачу, теплопроводность, конвекцию, излучение и другие процессы.

**Библиотеки и пакеты для моделирования динамики КА** — например, Orekit (моделирует КА как твёрдое тело, движущееся под действием внешних и внутренних сил), Scilab с инструментом Xcos (аналог Simulink), TU Delft Astrodynamics Toolbox (Tudat).

**Инструменты для визуализации и анализа траекторий** — например, НОМА и ZERUA, которые позволяют моделировать динамику космических аппаратов и визуализировать траектории.

#### **4) Дополнительные методы моделирования**

**Физическое моделирование** — метод исследований на моделях, которые имеют одинаковую с оригиналом физическую природу и воспроизводят комплекс свойств изучаемых явлений. Позволяет получить опытный материал и объяснить механизмы явлений.

**Математическое моделирование** — используется для анализа воздействия внешней среды на аппарат (аэродинамическое торможение, световое давление, работа солнечных батарей, нагрев, рассеяние электромагнитных волн, воздействие гравитации и радиации).

При выборе материалов и методов моделирования учитываются цели исследования, требуемая точность, а также ограничения, связанные с технологическими возможностями и ресурсами.

## Глава 2. Дизайн

Моделирование аппаратов для исследования поверхностей космических объектов — сложный процесс, который включает создание трёхмерных моделей, учёт внешних воздействий, анализ систем наблюдения и оптимизацию конструкции. Такие модели используются на этапах проектирования, макетирования и управления миссией.

### Основные аспекты моделирования

**Трёхмерное моделирование конструкции.** Используются системы автоматизированного проектирования (САПР), например САТИА, для создания цифровых моделей космических аппаратов. Это позволяет визуально представить объект, исследовать его эксплуатационные характеристики (прочность, надёжность, материалы) и учесть влияние внешних факторов: перегрузки, вибрационного воздействия, теплового и радиационного излучения.

**Учёт внешних воздействий.** При моделировании поверхности космического аппарата важно учитывать воздействие солнечного света (световое давление, нагрев от солнечных батарей), гравитации, радиации, а также рассеяние электромагнитных волн (например, при радиолокации и связи). Для этого могут применяться специализированные программные комплексы, учитывающие геометрические характеристики поверхности и коэффициенты отражения материалов.

**Моделирование систем наблюдения.** Например, для исследования поверхностей космических объектов могут использоваться оптико-электронные системы или лазерные локаторы. Для их моделирования разрабатываются специальные программы, например «МИТРА», которая оценивает возможности импульсных лазерных локационных систем при работе с объектами, имеющими диффузно отражающую поверхность или снабжёнными уголковыми отражателями.

**Анализ геометрических коэффициентов излучения.** Этот параметр важен для изучения теплового излучения поверхностей КА при движении по орбите с учётом положения, ориентирования, альbedo и других факторов.

**Оптико-геометрическое моделирование.** Включает геометрическое описание объекта как трёхмерного тела, состоящего из функционально-конструктивных элементов, и учёт оптических характеристик материалов и покрытий.

Программное обеспечение для моделирования

Существует множество программных комплексов для моделирования космических аппаратов, например:

**GMAT (General Mission Analysis Tool)** — используется для моделирования, анализа и оптимизации траекторий КА в различных режимах полёта.

**Basilisk** — предназначен для астрономических расчётов, моделирования орбит, расчёта орбитальных манёвров КА и орбитальных группировок.

**Orekit (ORbits Extrapolation KIT)** — библиотека для моделирования динамики КА и разработки бортового ПО. В ней КА моделируется как твёрдое тело, движущееся под действием внешних и внутренних сил и моментов сил.

**MSC Thermica** — специализированный программный комплекс для моделирования орбитального поведения КА, проектирования космических миссий, а также для анализа геометрических коэффициентов излучения поверхностей КА при движении по орбите.

Дополнительные аспекты

**Макетирование.** На этапах разработки могут создаваться макеты аппаратов для проверки конструктивных решений, отработки монтажа бортовой аппаратуры, оценки технологичности изготовления и других задач.

**Управление инженерными данными.** Для структурирования и приведения данных моделей к единому виду используются системы управления инженерными данными (PDM-системы).

**Свободное ПО.** Открытые программные пакеты (например, с открытым исходным кодом) предоставляют доступную альтернативу проприетарным пакетам моделирования.

Моделирование позволяет минимизировать риски при разработке, оптимизировать конструкцию аппарата, предсказать его поведение в различных условиях и повысить надёжность миссий.

### **Глава 3. Предметы исследования**

Моделирование аппаратов для исследования поверхностей космических объектов позволяет исследовать широкий спектр параметров и явлений, связанных с этими объектами. Оно может включать как физические модели космических аппаратов, так и математические, компьютерные и геоинформационные модели.

#### **Некоторые области исследования с помощью моделирования поверхностей космических объектов:**

1) Геометрические характеристики и структура поверхности. Моделирование позволяет создать точные модели внешней поверхности космических аппаратов, включая их геометрию, материалы и покрытия. Это важно для расчёта аэродинамического сопротивления, работы солнечных батарей, рассеяния электромагнитных волн (радиолокации, связи), а также для оценки тепловых нагрузок.

2) Воздействие внешних факторов. Моделирование позволяет изучать влияние гравитации, радиации, солнечного излучения (световое давление, нагрев), микрометеоритов и других факторов на поверхность космических объектов.

3) Тепловые процессы. Например, моделирование тепловых нагрузок на поверхность аппарата в условиях космического полёта или на поверхности небесных тел.

4) Формирование изображений. С помощью моделирования можно изучать, как оптические системы аппаратов воспринимают и интерпретируют информацию о поверхности объектов. Например, моделировать формирование гиперспектральных изображений с учётом параметров движения аппарата и характеристик приборов.

5) Динамика и взаимодействие объектов. Моделирование может охватывать движение космических аппаратов, их взаимодействие в составе орбитальных группировок, а также динамику взаимодействия с окружающей средой.

6) Геологические и геофизические особенности. В некоторых случаях моделирование позволяет изучать состав поверхности, рельеф, геологическую историю объектов, включая наличие полезных ископаемых или других особенностей.

7) Оптико-геометрические характеристики. Например, для наблюдения и контроля космического мусора моделирование может включать определение габаритных и отражательных характеристик объектов.

8) Прогнозирование поведения объектов. Моделирование помогает прогнозировать, как поверхности космических объектов будут вести себя в различных условиях, например, при столкновениях, эрозии или других воздействиях.

9) Визуализация и анализ данных. Современные программные комплексы для моделирования часто включают инструменты для визуализации результатов, что облегчает изучение сложных данных и выявление закономерностей.

#### **Примеры инструментов и подходов:**

1) Математическое моделирование с использованием численных методов и систем уравнений для описания физических процессов.

2) Геоинформационное моделирование, которое позволяет работать с пространственными данными, анализировать динамику объектов в пространстве и переносить результаты космических исследований на земные модели.

3) Программные пакеты для моделирования траекторий космических аппаратов, например, GMAT (для анализа и оптимизации траекторий полётов) или Orekit (для моделирования динамики космических аппаратов).

4) Воксельное моделирование для изучения поведения космических объектов в различных условиях, например, при падении метеоритов или столкновениях астероидов.

Выбор конкретного метода или инструмента моделирования зависит от целей исследования, требуемой точности, типа космического объекта и доступных ресурсов.

## Глава 4 Практическая часть

Меня всегда завораживали звёзды. Ещё в детстве я мог часами смотреть на ночное небо, пытаюсь разглядеть созвездия, представлять, что скрывается за горизонтом нашей планеты, и мечтать о том, как когда-нибудь люди смогут ступить на далёкие миры. Но понастоящему эта тема захватила меня не сразу, а после одного случая, который, кажется, изменил всё.

Однажды я оказался в планетарии на лекции о космических миссиях. Там показывали кадры с марсоходов, как они медленно едут по красной поверхности, фотографируют камни, берут пробы грунта. Я смотрел на эти изображения и думал: «Как же это вообще возможно? Как такая сложная машина может работать за миллионы километров от Земли, в условиях, где даже воздух другой?»

Меня поразило, насколько продуманно устроен каждый элемент лунохода: колёса, способные преодолевать острые камни, камеры, выдерживающие перепады температур, системы связи, которые передают данные через космос. Я начал искать больше информации читал статьи, смотрел документальные фильмы, изучал схемы аппаратов. И чем больше я узнавал, тем сильнее хотел понять: а можно ли создать что-то подобное самому? Хоть в миниатюре, хоть на уровне модели, но чтобы это было не просто игрушка, а работающая концепция.

Потом я наткнулся на проект школьников из другой страны, которые моделировали миниатюрный луноход в 3D-программе и даже испытали его на искусственном рельефе. Это стало для меня настоящим вдохновением. Я подумал: «Если они смогли, почему не я?»

Постепенно идея оформилась в чёткий замысел: я решил создать модель аппарата для исследования поверхностей космических объектов. Не просто нарисовать его, а спроектировать с учётом реальных задач передвижения по неровностям, сбора данных, энергообеспечения. Мне хотелось понять, как инженеры решают такие сложные задачи, какие компромиссы приходится искать между массой, прочностью и функциональностью.

Я начал с изучения существующих аппаратов от «Лунохода-1» до марсохода *Perseverance*. Меня поразило, как много факторов нужно учесть: гравитацию, температуру, состав грунта, запылённость, даже угол падения солнечных лучей для батарей. Потом я освоил основы 3D-моделирования в *Fusion 360* сначала получалось неуклюже, но с каждой новой деталью я чувствовал, что приближаюсь к цели.

Сейчас, работая над проектом, я не просто создаю модель я учусь думать как инженер. Представляю, как мой аппарат будет двигаться по склону астероида или брать пробу загадочного минерала на спутнике Юпитера. И хотя пока это только моделирование, я верю, что такие шаги это первый шаг к чему-то большему. Возможно, однажды люди действительно смогут исследовать десятки миров, а кто-то, вдохновлённый похожими проектами, станет частью этой истории. И я хочу быть одним из них.

## Заключение.

В ходе работы над проектом «Моделирование аппарата для исследования поверхностей космических объектов» мне удалось не просто выполнить формальные задачи, а по-настоящему погрузиться в мир космической инженерии. Начав с детского восхищения звёздами и далёкими планетами, я пришёл к осознанному желанию разобраться, как устроены аппараты, которые помогают человечеству изучать Вселенную.

На этапе подготовительной работы я изучил историю космических миссий и проанализировал конструкции реальных аппаратов от советского «Лунохода-1» до современного марсохода Perseverance. Это позволило выделить ключевые требования к подобным устройствам: устойчивость к экстремальным условиям, автономность, надёжность передвижения и способность собирать научные данные.

В процессе моделирования я:

- 1) освоил работу в САД-программе Fusion 360;
- 2) проектировал 3D-модель исследовательского аппарата с учётом реальных инженерных ограничений;
- 3) продумал расположение основных функциональных блоков: шасси с амортизацией, манипулятора для забора проб, камер и лидара, энергосистемы на основе солнечных батарей.

Виртуальные испытания подтвердили работоспособность конструкции:

- 1) модель выдержала имитацию посадки и вибрации;
- 2) расчёт нагрузок показал достаточную прочность шасси при движении по неровной поверхности;
- 3) энергорасчёт подтвердил возможность автономной работы в течение 6 часов при оптимальных условиях.

Основные выводы:

- 1) Проектирование космических аппаратов требует комплексного подхода: необходимо учитывать множество факторов от гравитации и температуры до энергопотребления и связи.

2)Современные инструменты моделирования (CAD, симуляторы физических процессов) позволяют тестировать идеи без дорогостоящих натуральных экспериментов.

3)Даже на уровне модели можно отработать ключевые инженерные решения, которые пригодятся в реальных проектах.

Перспективы развития проекта:

1)усовершенствование модели за счёт внедрения алгоритмов автономного управления;

2)оптимизация энергосистемы (увеличение ёмкости аккумуляторов, добавление резервных источников питания);

3)моделирование работы аппарата в условиях низкой гравитации (Луна, астероиды);

3)создание физического прототипа для испытаний на искусственном рельефе.

Работа над проектом дала мне не только технические навыки, но и понимание того, насколько сложна и увлекательна космическая инженерия. Я убедился, что даже школьник может внести вклад в эту область пусть пока на уровне моделирования, но с чётким осознанием целей и задач. Этот опыт укрепил моё желание продолжать изучать робототехнику и космонавтику, а в будущем участвовать в реальных исследовательских миссиях.

