Изображение выглядит как символ, логотип, эмблема, Графика

Автоматически созданное описаниеМИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ   
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ)

Институт № 8: «Информационные технологии и прикладная математика»  
Кафедра 806: «Вычислительная математика и программирование»

**ОТЧЁТ**

По дисциплине «Введение в авиационную и ракетно-космическую технику»

На тему: «Экспресс-АМУ1»

Оценка: Выполнили:

Подпись преподавателя: Группа М8О-115БВ-24

Морозов Владислав Сергеевич

Дейберт Никита Артурович

Шарков Игнат Петрович

Москва. 2024

**СОДЕРЖАНИЕ:**

Глава 1

Описание миссии……………………………………………………...3

Глава 2.

физико-математической модели **…**………………………...…...........6

Глава 3.

Описание полета в KSP……………………………………………...11

Глава 4.

Графики полета в KSP и математической модели…………………17

Глава 5.

Итоги работы………………………………………………………...22

Источники……………………………………………………………23

**Глава 1. Описание миссии**

**Введение**

Экспресс-АМУ1 — российский телекоммуникационный спутник, предназначенный для обеспечения связи, телевизионного вещания и интернета на территории России и сопредельных стран. Его запуск и эксплуатация стали важным этапом развития отечественной спутниковой инфраструктуры, особенно в свете роста потребности в современных средствах связи.

История Экспресс-АМУ1 начинается с его разработки в рамках государственной программы по расширению национальной сети спутников связи. Спутник был построен на базе платформы Eurostar E3000 французской компанией Airbus Defence and Space, что стало важным шагом в международном сотрудничестве в космической сфере. Данная платформа уже зарекомендовала себя как одна из самых надежных для спутников подобного класса. Спутник обладает массой около 5,9 тонн и рассчитан на эксплуатацию в течение 15 лет. Его полезная нагрузка включает транспондеры Ku- и Ka-диапазонов, что обеспечивает передачу сигналов на высоких частотах, обеспечивая широкую полосу пропускания для телевизионного вещания, высокоскоростного интернета и других телекоммуникационных услуг. Одной из особенностей Экспресс-АМУ1 является его гибкость в управлении зоной покрытия. Он может обеспечивать как фиксированное покрытие, так и динамически изменять его в зависимости от потребностей клиентов. Эта гибкость особенно важна для телекоммуникационных операторов, работающих в разных регионах России и за её пределами, включая Европу и Северную Африку.

Запуск космического аппарата был запланирован на 24 декабря 2015 года 00:30:50 МСК, но из-за неблагоприятных погодных условий на космодроме запуск был перенесён на резервную дату — 25 декабря 2015 года в 00:31 МСК. Запуск состоялся 25 декабря 2015 года с космодрома Байконур с помощью ракеты-носителя «Протон-М» и разгонного блока «Бриз-М». Успешное выведение спутника на геостационарную орбиту было важным достижением для российской космической отрасли. После выведения на орбиту спутник был развернут и начал тестирование своих систем, что подтвердило его полную готовность к эксплуатации. Миссия «Экспресс-АМУ1» началась 25 декабря 2015 года. В 9:43 мск телекоммуникационный космический аппарат штатно отделился от разгонного блока «Бриз-М» на целевой орбите и был принят на управление заказчиком запуска — ФГУП «Космическая связь». Спутник был выведен на геостационарную орбиту на высоте около 36,000 км над уровнем Земли. После отделения от разгонного блока «Бриз-М» Экспресс-АМУ1 начал процесс развертывания солнечных панелей и антенн, что стало критически важным для его работы. Все системы прошли успешные тестирования, и спутник вошёл в эксплуатацию. 10 февраля 2016 года аппарат был введён в коммерческую эксплуатацию. Со спутника Eutelsat 36A на спутник Eutelsat 36C было успешно переведено вещание российских спутниковых операторов «Триколор ТВ» и «НТВ Плюс».

Основная миссия Экспресс-АМУ1 — предоставление услуг спутниковой связи для потребителей в России, а также в некоторых странах Европы и Африки. Спутник обеспечил устойчивую связь в удаленных регионах, где наземная инфраструктура либо отсутствовала, либо была недостаточно развита.

Эксплуатация Экспресс-АМУ1 стала важным шагом в модернизации российской сети спутников связи, заменив устаревшие аппараты и расширив возможности по обеспечению высокоскоростного интернета и передачи данных. Спутник играет ключевую роль в обеспечении информационной независимости и безопасности России, а также в улучшении качества жизни в отдалённых и труднодоступных регионах.

**Глава 2. физико-математической модели**

**Глобальные константы:**

Уравнение Циолковского для ракеты выражает зависимость скорости ракеты от времени и массы. Оно имеет вид:

где:

* Δv— изменение скорости ракеты (в данном случае, это конечная скорость, если ракета стартует с нулевой скорости),
* ve​ — эффективная скорость истечения газа (или специфический импульс),
* m0​ — начальная масса ракеты (включая топливо),
* mf ​ — конечная масса ракеты (после сжигания топлива),

Чтобы построить график зависимости скорости от времени для ракеты, нужно немного адаптировать это уравнение, так как время в уравнении Циолковского напрямую не представлено. Обычно для этого используют следующую форму, связав массу ракеты с временем:

где m˙— скорость расхода массы (постоянная величина для упрощения).

Тогда скорость ракеты в любой момент времени можно выразить через:

где m(t) — масса ракеты в момент времени t которая уменьшается по закону:

m(t)=m0−m˙t

1. Исходные данные:
   * m0​ — начальная масса ракеты.
   * mf​— конечная масса ракеты.
   * ve​ — эффективная скорость истечения газов.
   * m˙ — скорость расхода топлива.
   * t - время
2. Выражаем массу от времени:

m(t)=m0−m˙t

Масса ракеты уменьшается со временем.

1. Зависимость скорости от времени:
2. Уравнение для ускорения ракеты:
3. Уравнение для изменения массы ракеты:
4. Уравнение для положения ракеты (высоты):

Физико-математической модель спутника основывается на уравнениях движения, а также на законах, описывающих орбитальное движение,период обращения спутник**а**.Для орбитального спутника ключевыми аспектами являются:

**1.1. Уравнение движения спутника**

Для спутника, находящегося в орбитальном движении вокруг Земли, основными уравнениями будут:

* **Закон всемирного тяготения**:

где:

* + F — сила тяготения между Землей и спутником,
  + G — гравитационная постоянная,
  + M— масса Земли,
  + m— масса спутника,
  + r— расстояние от центра Земли до спутника.
* **Уравнение движения** спутника с учётом этой силы:

где:

* + r— радиус орбиты спутника, который меняется во времени.

**1.2. Скорость спутника на орбите**

Спутник будет двигаться с орбитальной скоростью, которую можно выразить через радиус орбиты r:

где:

* v — орбитальная скорость спутника.

Для круговой орбиты спутника этот параметр будет постоянным, и будет зависеть от высоты орбиты.

**1.3.** **Период обращения спутника**

**Период обращения спутника:**

Период обращения T спутника на круговой орбите можно вычислить, используя третий закон Кеплера, который гласит:

где:

* T — период обращения (в секундах),
* r — радиус орбиты (расстояние от центра планеты до спутника, в метрах),
* G — гравитационная постоянная
* M — масса планеты

**2. Период обращения для круговой орбиты:**

Чтобы найти период T нужно выразить его из уравнения Кеплера:

где:

* T — период обращения (в секундах),
* r — радиус орбиты (в метрах),
* G — гравитационная постоянная
* M — масса земли

**Глава 3. Описание полета в KSP**

В этой главе будет представлено подробное описание выполнения полета миссии «Луна-25» на Луну в игре Kerbal Space Program с использованием автопилота, разработанного с помощью библиотеки krpc. В коде описан процесс запуска ракеты, выхода на орбиту, отделения ступеней и маневров для выведения спутника на геостационарную орбиту.

**1.Автопилот**

После старта ракета постепенно наклоняется, чтобы оптимизировать расход топлива. Автопилот следит за высотой и корректирует траекторию:

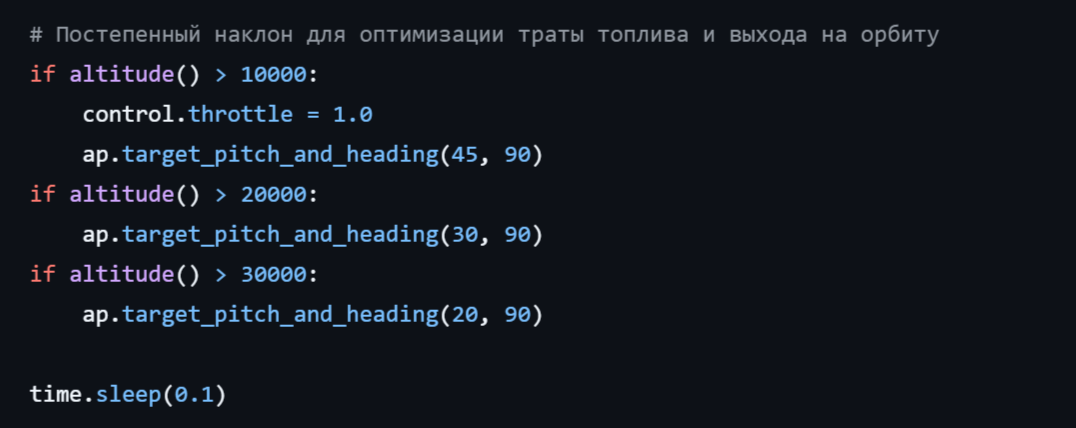


Рисунок 3.1

Когда ракета достигает нужной высоты, начинают происходить отделения ступеней, что происходит автоматически, когда топливо в текущей ступени заканчивается:

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Рисунок 3.2

После того, как ракета достигла необходимой высоты, начинается расчет маневра для вывода спутника на геостационарную орбиту. Для этого создается узел маневра:

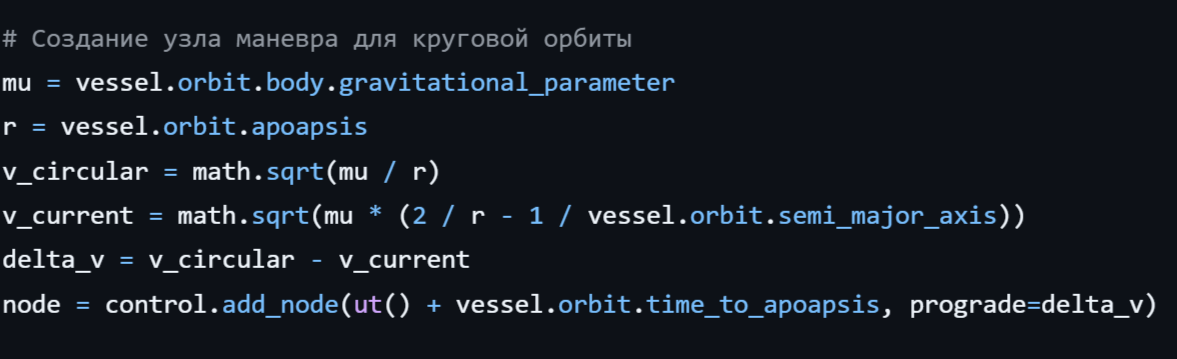


Рисунок 3.3

Затем вычисляется необходимое время для сжигания топлива для выполнения этого маневра, основываясь на импульсе и текущем расходе топлива ракеты:

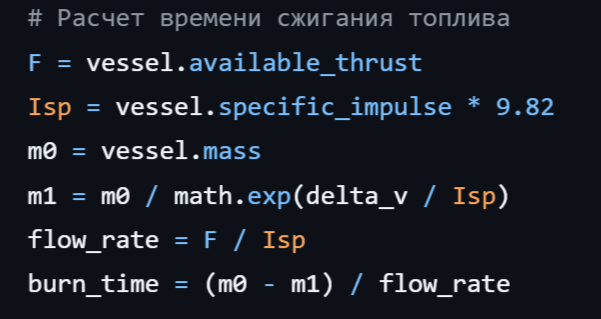


Рисунок 3.4

Когда наступает время маневра, ракета начинает коррекцию своей орбиты. Включается полный throttle и настраивается курс ракеты:

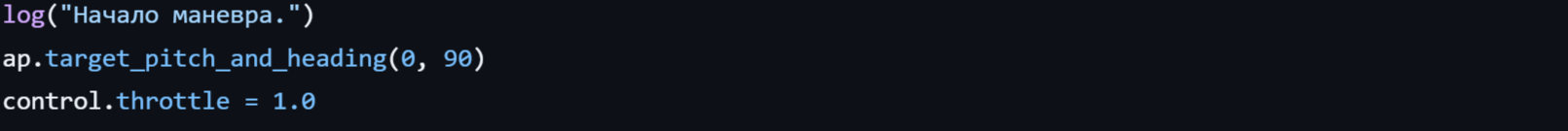


Рисунок 3.5

Как только ракета выходит на нужную орбиту и её перигей и апогей становятся равными требуемой высоте, маневр завершается.

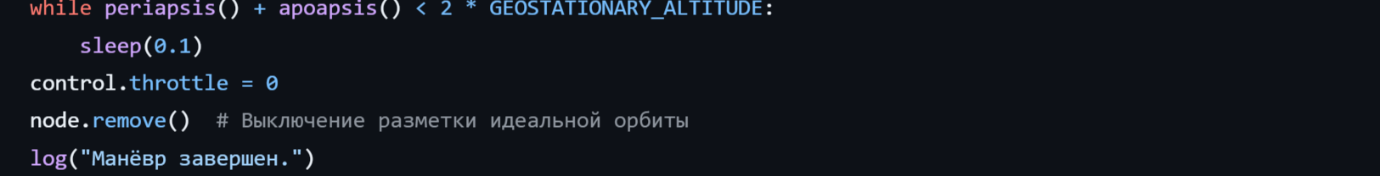


Рисунок 3.6

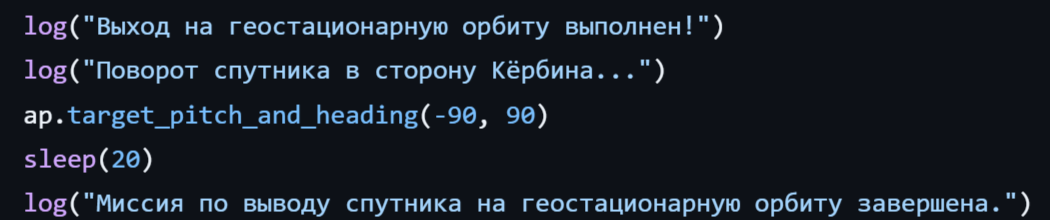
Когда маневр успешно завершен, ракета выходит на геостационарную орбиту. После этого спутник настраивается для наблюдения Кёрбина**:**

Рисунок 3.7

**2.Ksp**

**Изображение выглядит как снимок экрана, Компьютерная игра, 3D-моделирование, Программное обеспечение для видеоигр

Автоматически созданное описание**

Рисунок 3.8 Взлет ракеты



Рисунок 3.9 Отделение боковых блоков первой ступени



Рисунок 3.9 Отделение центральной второй ступени



Рисунок 3.10 Вывод спутника на орбиту земли



Рисунок 3.11 Орбита планеты

**Глава 4.**

**Графики полета в KSP и математической модели**

Изображение выглядит как линия, текст, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.1

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.2

Изображение выглядит как линия, График, текст, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.3

Изображение выглядит как текст, График, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.4

**Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, График

Автоматически созданное описание**

Рисунок 4.5

**Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание**

Рисунок 4.6

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.7

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

Рисунок 4.8

**Глава 5 Итоги работы**

В ходе нашей командной работы мы реализовали концепцию миссии " Экспресс-АМУ1". В течение миссии мы успешно исполнили в программе Kerbal Space Program каждый из этапов, на которые разбили полет аппарата.

При помощи программы Kerbal Space Program и библиотеки krpc, написанной на языке python, мы смогли управлять полетом корабля и визуализировать его траекторию.

Все полученные результаты нашей работы мы представили во всех необходимых форматах: этот отчет, видео-презентация, репозиторий на github, видео полета на youtube. Благодаря проекту мы научились работать в команде и получили новые знания в области математики и физики, а также освоили приложение Kerbal Space Program.

**Источники**

1. Документация библиотеки krcp [Электронный ресурс] – URL: <https://krpc.github.io/krpc/> (дата обращения 01.12.2024)
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Классический курс. Физика 10 класс. Москва: Просвещение, 2019. 432 с.
3. Спутники НТВ-ПЛЮС [Электронный ресурс] – URL: <https://obob.tv/istoriya-sat-tv/sputniki-ntv-plyus-chast-6-express-amu1/>(дата обращения 20.11.2024)