## **Практическое занятие №1.**

## **Методы численного интегрирования систем дифференциальных уравнений. Моделирование движения КА**

**Задание:** Спроектировать модель классов и реализовать приложение, моделирующее движение космического аппарата (КА) на основе численного интегрирования уравнений движения центра масс КА в центральном гравитационном поле Земли.

Модель классов должна обеспечивать робастность приложения в смысле использования полиморфных методов численного интегрирования, модели движения КА и интерфейса пользователя. Интегрирование должно быть осуществлено двумя численными методами (Эйлера и Рунге-Кутты 4 порядка), приложение должно позволять задавать начальные условия движения КА и параметры интегрирования (шаг интегрирования и терминальный момент времени), а также выводить результат работы в виде графиков эволюции координат и скоростей КА по времени и траекторию движения КА в плоскостях XY, YZ, XZ.

**Теоретическая часть:**

1. **Системы координат и параметры движения КА введены на рис. 8.1**



Рис. 8.1

1. **Модель движения центра масс КА описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений в абсолютной геоцентрической системе координат (АСК):**

 (1),

где



Модель (1) может быть преобразована к виду

, (2)

где **X** *= (x, y, z, Vx, Vy, Vz)T*  - вектор состояния КА в абсолютной СК;

 - вектор ускорений, действующих на центр масс. КА и обусловленный воздействием какой-либо силы;

 - индекс силового воздействия.

В настоящем практическом занятии требуется описать движение только в центральном гравитационном поле Земли, для которого:

,

где μ= 3,98603×1014 м3×сек-2. - гравитационная постоянная Земли.

1. **Методы численного интегрирования:**

Пусть задана система обыкновенных дифференциальных уравнений вида:



Тогда численное решение методом Эйлера описывается следующим соотношением:

,

где *h* – шаг интегрирования.

Численное решение методом Рунге-Кутты 4 порядка описывается следующим соотношением:

,

.

**Указания к выполнению:**

Для реализации алгоритмов численного интегрирования создать следующий набор классов:

Класс TAbstractIntegrator – абстрактный предок для классов, реализующих конкретные методы численного интегрирования, содержащий следующие поля:

* t0 – начальное значение момент времени интегрирования;
* tk – конечное значение момента времени интегрирования;
* h – шаг интегрирования;
* Model – объект, содержащий описание модели движения объекта в виде функций правых частей системы ОДУ,

и методы:

* MoveTo – метод, осуществляющий численное интегрирование системы ОДУ до момента времени tend;
* OneStep – метод, осуществляющий один шаг интегрирования системы ОДУ.

Для реализации алгоритмов вычисления правых частей системы ОДУ, описывающих динамику исследуемого объекта создать следующий набор классов:

TDynamicModel –класс, содержащий абстрактный метод вычисления значений функций правых частей системы ОДУ, и являющийся предком для классов, содержащих реализации моделей движения различных конкретных объектов.

TSpaceCraft – класс, реализующий модель движения космического аппарата в центральном гравитационном поле в соответствии с системой дифференциальных уравнений (1).

Диаграмма классов ПМО представлена на рис.8.2.



Рис. 8.2. Диаграмма классов ПМО