

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»  
Факультет Компьютерных наук, департамент Программной инженерии

СОГЛАСОВАНО  
Профессор департамента  
Программной инженерии  
Национального исследовательского  
университета «Высшая школа экономики»,  
\_\_\_\_\_ Баканов В.М.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ RU.17701729.503200-01-ЛУ 81  
Академический руководитель  
Образовательной программы  
«Программная инженерия»  
\_\_\_\_\_ Шилов В. В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**Программа моделирования активного Ньютоновского взаимодействия  
небесных тел**

**Пояснительная записка**

**ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

**RU.17701729.503200-01 81 01-1 ЛУ**

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. Инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	RU.17701729.503200-01 81

Исполнитель: студент группы 103ПИ

\_\_\_\_\_ /Барашев.И.А /  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**УТВЕРЖДЕНО**

**RU.17701729.503200-01 ТЗ 01-1 ЛУ**

**Программа моделирования активного Ньютоновского  
взаимодействия небесных тел**

Пояснительная записка

**RU.17701729.503200-01 81 01-1**

**Листов 12**

Инв. № подл.	Подп. и дата
RU.17701729.503200-01 81	
	Инв. № дубл.
	Взам. Инв. №
	Подп. и дата

2015

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
1.1. Наименование.....	3
1.2. Основание для разработки.....	3
2. Назначение и область применения.....	4
2.1. Назначение программы.....	4
2.2. Краткая характеристика области применения.....	4
3. Технические характеристики.....	5
3.1. Постановка задачи на разработку программы.....	5
3.2. Описание алгоритма программы.....	5
3.3. Входные и выходные данные.....	6
3.4. Состав технических и программных средств.....	7
4. Ожидаемые технико-экономические показатели.....	8
Приложение 1. Список используемой литературы.....	9
Приложение 2. Формат входных данных.....	10
Приложение 3. UML-диаграмма отображения программы.....	11
Приложение 4. UML-диаграмма модели программы.....	12

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## 1. ВВЕДЕНИЕ

### 1.1. Наименование

Наименование - «Программа моделирования активного Ньютоновского взаимодействия».

### 1.2. Основание для разработки

Приказ НИУ ВШЭ № 6.18.1-02/1912-10 от 19.12.2014. Название работы: «Программа моделирования активного Ньютоновского взаимодействия».

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## **2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

### **2.1. Назначение программы**

Программа моделирует Ньютоновское взаимодействие небесных тел в режиме реального времени по заданным параметрам с графическим отображением процесса.

### **2.2. Краткая характеристика области применения**

Программа предназначена для задач связанных с моделированием гравитационного взаимодействия небесных тел с заданными параметрами: координаты, скорость, масса. Программа может использоваться при обучении астрономии, для исследования космоса, освоения околоземного пространства, вычисления траекторий полётов небесных тел.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

#### 3.1. Постановка задачи на разработку программы

Разрабатываемая программа должна:

- 1) загружать модели из файлов;
- 2) производить необходимые вычисления каждый шаг интерграции модели;
- 3) в режиме реального времени отображать модель в графическом представлении и выводить выбранные пользователем конкретные численные характеристики.

#### 3.2. Описание алгоритма программы

Для развития модели в режиме реального времени программа через какие-то промежутки времени производит вычисления взаимодействия небесных тел, изменения их скоростей и координат по времени. Обратите внимание, интервалы между вычислениями и вычисляемые интервалы (называемые шагом интеграции) — разные характеристики.

По второму закону Ньютона сумма всех сил, воздействующих на тело, равна произведению массы на ускорение:  $F = ma$ . Формула гравитационного взаимодействия двух тел:  $F = GmM / R^2$ . При интегрировании получаем, что изменение скорости равно произведению ускорения на шаг интеграции:  $dv = at$ . Подставив имеющиеся формулы получаем:  $dv = tGM / R^2$ . Изменение же скорости равно произведению скорости на шаг интеграции:  $ds = vt$ .

Для конечного результата необходимо провести вычисления сил воздействия для всех пар имеющихся небесных тел, сразу же в проекциях на координатные оси, и сложить их, чтобы затем вычислить изменение скорости и координат.

При разработке программы использовался паттерн Model-View-Controller. Он был выбран для эффективной и удобной разработки модели процесса и его отображения на экране. При этом контроллером служит класс Solution. Подробнее с этим можно ознакомиться по UML-диаграммам классов отображения и модели программы [см. Приложение 3, 4].

Исходя из моделируемых процессов, для хранения масс и координат использован тип двойной точности с плавающей запятой Double.

Радиус тел используется в двух назначениях. Во-первых, для отрисовки. Во-вторых, при сближении тел больше, чем на сумму их радиусов, вычисления их взаимодействия не производятся.

В программе также спользуется графическая библиотека ArtBoard, написанная тем же автором, предоставляющая широкие фозможности для удобной работы с графикой на платформе MacOS с использованием языка C#.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3.3. Входные и выходные данные

В программе пользователь открывает ini-файлы собственного формата программы [см. Приложение 2]. В этих файлах находятся параметры моделируемой системы и описания небесных тел.

Вычисляемая модель отображается в режиме реального времени. На главном окне два экрана. В большом отображается вся система относительно начала координат в размере, загруженном из файла. В меньшем экране отображается выбранное небесное тело с приближением также изначально загруженным из файла.

Отображаемые небесные тела имеют цвета. Траектория отображается крагами меньшего размера того же цвета, следующими за телами.

При нажатии левой кнопкой на малый экран открывается окно, отображающее численные характеристики выбранного тела. В нём положение и скорость тела можно получать в виде проекций на оси или векторов, можно выбрать относительную систему отсчёта или центральную.

При нажатии левой кнопкой мыши на главном экране ближайшее к курсору тело считается выбранным. При нажатии правой кнопкой мыши ближайшее тело считается новым центром относительной системы отсчёта.

В ходе работы программы пользователь имеет возможность менять шаг интеграции, частоту вычислений и частоту создания шагов траектории.

Система координат расположена следующим образом. Центр её находится в центре отображения главного экрана отрисовки. Ось X направлена вправо, Y — вверх, Z — перпендикулярно экрану вверх. Вычисления модели происходят в трёхмерном пространстве. При отрисовке Z координаты небесных тел влияют только на порядок отрисовки: те, что имеют большие Z-координаты, то есть находятся ближе, рисуются последними, перекрывая те, что дальше.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

### 3.4. Состав технических и программных средств

Для работы программы необходим следующий набор технических и программных средств:

- Компьютер с Mac OS X версии 10.9.4 или выше.
- Оперативная память: 256 МБ или более.
- Не менее 32 МБ на жёстком диске.
- MonoMac Framework. Скачать можно на официальном сайте разработчика: [www.mono-project.com/download/](http://www.mono-project.com/download/)
- Разрешение экрана не менее 1056\*706 (размер главного окна приложения).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата



#### **4. ОЖИДАЕМЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

Анализ существующих программных продуктов в сети Интернет на момент создания приложения показал, что данная программа не уступает имеющимся бесплатным аналогам по функциональности. Программа моделирования активного Ньютоновского взаимодействия является бесплатной и может распространяться в свободном доступе.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Методические указания по разработке программной документации / МАТИ – Российский Государственный Технологический Университет им. К.Э.Циолковского – Составитель С.М. Авдошин 1997.
- ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. Единая система программной документации. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
- Характеристики планеты Солнечной системы [Электронный ресурс]: [http://www.allplanets.ru/solar\\_sistem.htm](http://www.allplanets.ru/solar_sistem.htm)
- Xamarin.Mac guides [Электронный ресурс]: <https://docs.xamarin.com/guides/mac/>
- Microsoft Developer Network [Электронный ресурс]: <https://msdn.microsoft.com>

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ФОРМАТ ВХОДНЫХ ДАННЫХ

Программа должна открывать специальные текстовые файлы с расширением «ini». В них на каждой строке может находиться не более одной команды. Команды представляют собой символьные последовательности — некоторые значения, разделённые пробелами (все значения, кроме названия небесных тел, являются десятичными числами). Первое число — целочисленный индекс команды, который определяет её действие. Каждая команда имеет чётко заданное число аргументов и их значений. Также все команды имеют краткие названия, используемые в лог-файле; далее они приведены в скобках.

Список команд:

- Загрузка параметров системы (Settings)  
0 <размер системы, км> <масштаб тел на главном экране> <масштаб тел на втором экране> <увеличение на втором экране> <шаг интеграции, часы> <частота вычисления> <частота отрисовки траектории>
- Создание небесного тела в двумерной плоскости (Body2D)  
1 <x> <y> <радиус, км> <масса,  $10^{20}$ кг> <x-скорость, км/с> <y-скорость, км/с> <цвет> <название>
- Создание тела в трёхмерном пространстве (Body3D)  
2 <x> <y> <z> <радиус, км> <масса,  $10^{20}$ кг> <x-скорость, км/с> <y-скорость, км/с> <z-скорость, км/с> <цвет> <название>
- Создание тела с векторными параметрами (BodyVec)  
3 <расстояние до центра, км> <угол  $x^u$ , градусы> <угол  $z^{xu}$ , градусы> <радиус, км> <масса,  $10^{20}$ кг> <модуль скорости, км/с> <угол  $x^u$ , градусы> <угол  $z^{xu}$ , градусы> <цвет> <название>
- Создание «пустого» тела (BodyFree)  
6 <радиус, км> <масса,  $10^{20}$ кг> <цвет> <название>
- Добавление вектора пространства последнему созданному телу (AddPos)  
4 <модуль расстояния, км> <угол  $x^u$ , градусы> <угол  $z^{xu}$ , градусы>
- Добавление вектора скорости последнему созданному телу (AddSpeed)  
5 <модуль скорости, км/с> <угол  $x^u$ , градусы> <угол  $z^{xu}$ , градусы>

Имена небесных тел могут содержать любые символы кроме пробела (однако не рекомендуются последовательности больше 16-ти знаков).

Для указания цветов используются индексы: 0-yellow, 1-orange, 2-light gray, 3-blue, 4-red, 5-gray, 6-brown, 7-cyan, 8-green, 9-white.

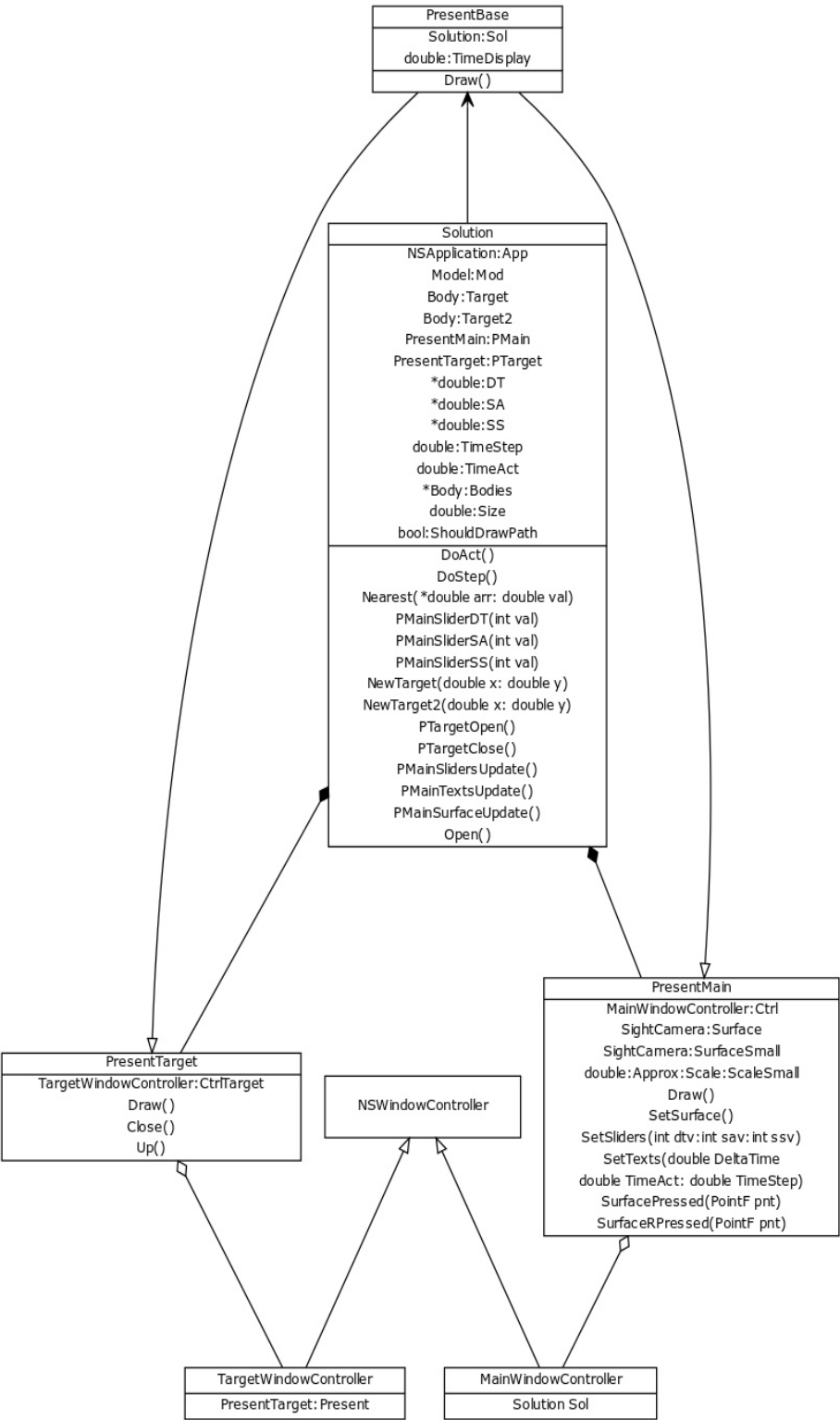
Выполнение всех команд, успешное или нет, отображается в лог-файле. Во втором случае также выводится краткое пояснение к ошибке.

Строки, начинающиеся не с числа, считаются комментариями и выводятся в лог-файл без изменений.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

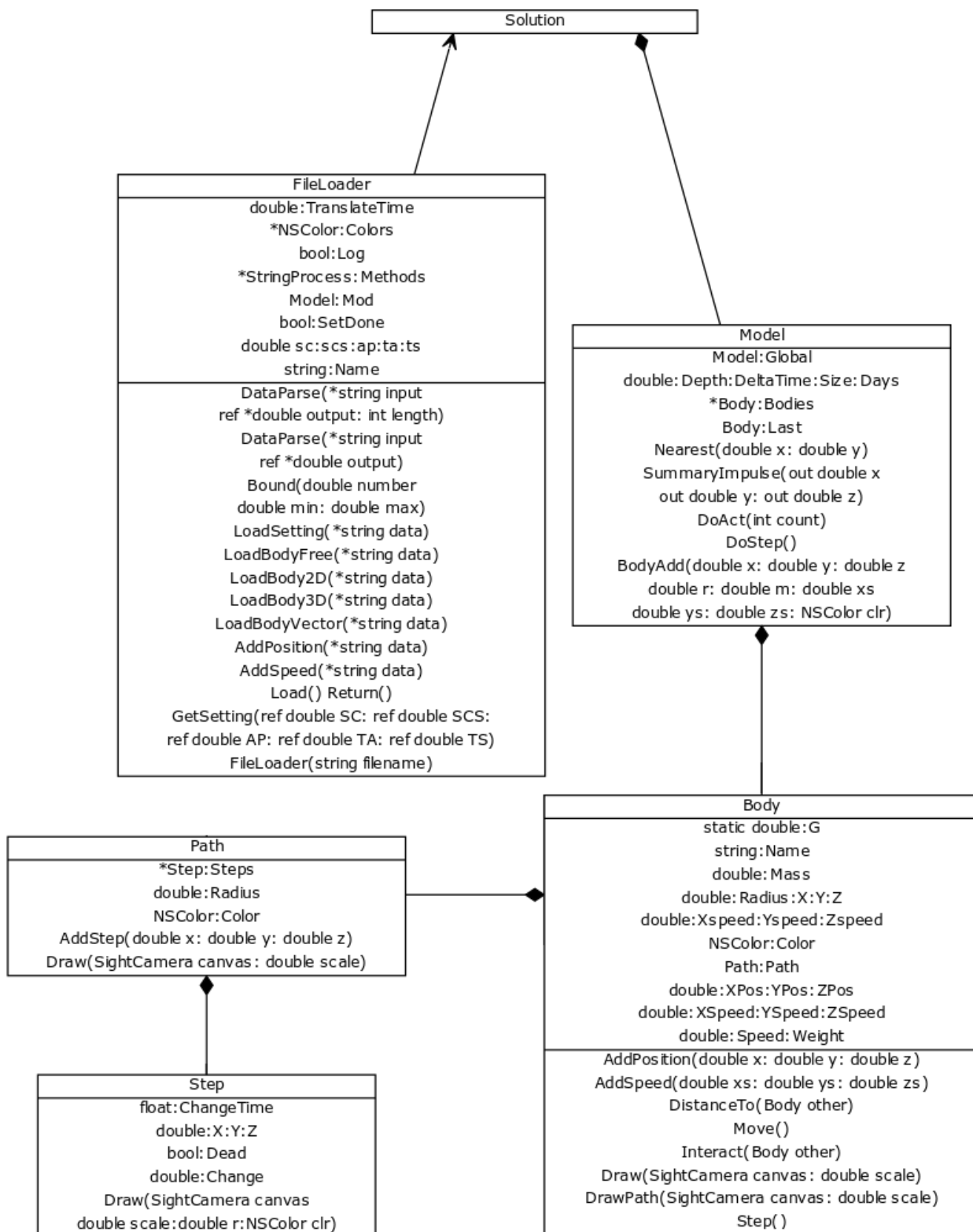
UML-диаграмма отображения программы



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### UML-диаграмма модели программы



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
RU.17701729.503200-01 81				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата