**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

**(СПбГУТ)**

Факультет Информационных технологий и программной инженерии (ИТПИ)

Кафедра Программной инженерии и вычислительной техники (ПИиВТ)

*Допустить к защите*

Заведующий кафедрой

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *(подпись)* | *(ФИО)* |

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Моделирование системы управления объектом на базе нейронной сети

*(тема ВКР)*

Вид выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

*(дипломная работа,дипломный проект, магистерская диссертация)*

Направление/специальность подготовки

|  |
| --- |
| 09.03.04 Программная инженерия |

*(код и наименование направления/специальности)*

Направленность (профиль)

|  |
| --- |
| Разработка программного обеспечения инфокоммуникационных сетей и систем |

*(наименование)*

Квалификация

|  |
| --- |
| Бакалавр |

*(наименование квалификации в соответствии с ФГОС ВО)*

Студент:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *(Ф.И.О., № группы)* | *(подпись)* |

Руководитель ВКР:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *(учёная степень, учёное звание, Ф.И.О.)* | *(подпись)* |

Санкт-Петербург, 2025

**СОДЕРЖАНИЕ**

[СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 4](#__RefHeading___Toc1785_3851806917)

[ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 5](#__RefHeading___Toc1787_3851806917)

[ВВЕДЕНИЕ 6](#__RefHeading___Toc1789_3851806917)

[1 (раздел 1 описание?) 7](#__RefHeading___Toc1791_3851806917)

[1.1 Цель 7](#__RefHeading___Toc1793_3851806917)

[1.2 Задачи 7](#__RefHeading___Toc1795_3851806917)

[1.2.1 Подзадачи( тест заголовка 3 ) 7](#__RefHeading___Toc1797_3851806917)

[1.3 Актуальность 7](#__RefHeading___Toc1799_3851806917)

[1.4 Сравнение с аналогами 7](#__RefHeading___Toc1801_3851806917)

[1.5 Ссылка на приложение (тз) 7](#__RefHeading___Toc1803_3851806917)

[1.6 Описание методов 7](#__RefHeading___Toc1243_619138733)

[1.6.1 Метод Рунге-Кутты 7](#__RefHeading___Toc659_463851313)

[1.6.2 Метод Адамса-Башфорта 8](#__RefHeading___Toc663_463851313)

[1.6.3 Метод Фельберга 8](#__RefHeading___Toc665_463851313)

[1.6.4 Метод Ингленда 9](#__RefHeading___Toc1809_3851806917_%25D0%)

[1.6.5 Метод Нюстрема 10](#__RefHeading___Toc1809_3851806917_%25D01)

[1.6.6 Метод Милны 10](#__RefHeading___Toc1809_3851806917_%25D02)

[1.6.7 Метод Хемминга 10](#__RefHeading___Toc1809_3851806917_%25D03)

[1.7 Выводы 11](#__RefHeading___Toc1805_3851806917)

[2 (раздел 2 описание программы?) 12](#__RefHeading___Toc1807_3851806917)

[2.1 Проектирование и архитектура программной системы 12](#__RefHeading___Toc1809_3851806917)

[2.2 UML? 12](#__RefHeading___Toc1811_3851806917)

[2.3 Инструментарий 12](#__RefHeading___Toc1813_3851806917)

[2.4 Планирование 12](#__RefHeading___Toc1815_3851806917)

[2.5 Выводы 12](#__RefHeading___Toc1817_3851806917)

[3 (раздел 3 описание результатов?) 13](#__RefHeading___Toc1819_3851806917)

[3.1 Реализация 13](#__RefHeading___Toc1821_3851806917)

[3.2 Тестирование 13](#__RefHeading___Toc1823_3851806917)

[3.3 Скриншоты 13](#__RefHeading___Toc1825_3851806917)

[3.4 Выводы 13](#__RefHeading___Toc669_463851313)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 14](#__RefHeading___Toc1827_3851806917)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 15](#__RefHeading___Toc1829_3851806917)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 16](#__RefHeading___Toc1831_3851806917)

# СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

# ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

# ВВЕДЕНИЕ

# (раздел 1 описание?)

## Цель

## Задачи

### Подзадачи( тест заголовка 3 )

## Актуальность

## Сравнение с аналогами

## Ссылка на приложение (тз)

## Описание методов

### Метод Рунге-Кутты

Формула для вычисления методом Рунге-Кутты червертого порядка точности имеет следующий вид:

|  | (1) |
| --- | --- |

где — угловые коффициенты касательных к графику решения в различных точках, вычисляемые по формулам

|  | (2) |
| --- | --- |

Метод Рунге-Кутты, как и методы Эйлера, является одношаговым, так как значение вычисляется на основе текущего значения .

Формула для метода Рунге-Кутты третьего порядка точности следующая:

|  | (3) |
| --- | --- |

где коэффициенты определяются согласно (4)

|  | (4) |
| --- | --- |

### Метод Адамса-Башфорта

В многошаговом методе Адамса-Башформа третьего порядка точности для нахождения точки используются три предыдущие точки:

|  | (5) |
| --- | --- |

Для начала расчетов требуются четыре «разгонные» точки , которые можно получить любым из предложенных методов.

В многошаговом методе Адамса-Башформа четвертого порядка точности для нахождения точки используются четыре предыдущие точки:

|  | (6) |
| --- | --- |

Для начала расчетов требуются четыре «разгонные» точки .

В многошаговом методе Адамса-Башформа пятого порядка точности для нахождения точки используется пять предыдущих точек:

|  | (7) |
| --- | --- |

Для начала расчетов требуются пять «разгонных» точек .

Методы Адамса-Башформа не позволяет изменять шаг в процессе расчетов. В отличие от метода Рунге-Кутты четвертого порядка в этих методах требуется вычислять только одно новое значение правой части ситсемы вместо четырех. Высокая точность методов достигается при этом за счет учета информации о предыдущих точках. Напротив, в методе Рунге-Кутты, как и в других одношаговых методах, недостающую информацию о поведении правых частей системы получают в результате вычислений в специальным образом выбранных дополнительных точках.

### Метод Фельберга

В методе Фельберга пятого порядка точности для расчета точки используется формула:

|  | (8) |
| --- | --- |

где

|  | (9) |
| --- | --- |

В методе Фельберга четвертого порядка точности для расчета точки используется формула:

|  | (10) |
| --- | --- |

где коэффициенты определяются согласно (9)

### Метод Ингленда

В методе Ингленда пятого порядка точности для расчета точки используется формула:

|  | (11) |
| --- | --- |

где

|  | (12) |
| --- | --- |

В методе Ингленда четвертого порядка точности для расчета точки используется формула:

|  | (13) |
| --- | --- |

где коэффициенты определяются согласно (12)

### Метод Нюстрема

В многошаговых методах Нюстрема второго, третьего и четвертого порядка точности для нахождения точки используются две, три и четыре предыдущие точки соответственно:

|  | | (14) |
| --- | --- | --- |
|  | (15) | |
|  | (16) | |

Для начала расчетов по формулам (14) - (16) требуются две, три и четыре «разгонные» точки соответственно.

### Метод Милны

Многошаговый метод Милны четвертого порядка точности может быть реализован следующим способом:

|  | (17) |
| --- | --- |

Для начала расчетов по формуле (17) требуется четыре «разгонные» точки , которые могут быть найдены любым из предыдущих методов.

В методе Милна шестого порядка точности для расчета точки используется шесть предыдущих точкек:

|  | (18) |
| --- | --- |

### Метод Хемминга

Многошаговый метод Хемминга четвертого порядка точности может быть реализован следующим способом, в котором для нахождения точки используются четыре предыдущие точки:

|  | (19) |
| --- | --- |

## Выводы

# (раздел 2 описание программы?)

## Проектирование и архитектура программной системы

## UML?

## Инструментарий

## Планирование

## Выводы

# (раздел 3 описание результатов?)

## Реализация

## Тестирование

## Скриншоты

## Выводы

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Shafiee, M., Amani, S. Optimal control for a class of singular systems using neural network / Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering. – 2005. – Vol. 29, No. B1. – P. 34–48.
2. Пантелеев А.В., Якимова А.С., Босов А.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения в примерах и задачах: Учебное пособие / Пантелеев А.В. — Москва: Изд-во МАИ, 2000. — 380с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А