

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор Таганрогского института  
имени А.П. Чехова (филиала)  
РГЭУ (РИНХ)  
\_\_\_\_\_ Голобородько А.Ю.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Алгоритмы численного интегрирования и анализа устойчивости**

направление 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)  
направленность (профиль) 44.03.05.29 Математика и Информатика

Для набора \_\_\_\_\_ года

Квалификация  
Бакалавр

**КАФЕДРА информатики****Распределение часов дисциплины по курсам**

| Курс<br>Вид занятий | 4  |    | 5  |    | Итого |    |
|---------------------|----|----|----|----|-------|----|
|                     | УП | РП | УП | РП |       |    |
| Лекции              | 4  | 4  |    |    | 4     | 4  |
| Лабораторные        | 2  | 2  | 2  | 2  | 4     | 4  |
| Итого ауд.          | 6  | 6  | 2  | 2  | 8     | 8  |
| Контактная работа   | 6  | 6  | 2  | 2  | 8     | 8  |
| Сам. работа         | 30 | 30 | 30 | 30 | 60    | 60 |
| Часы на контроль    |    |    | 4  | 4  | 4     | 4  |
| Итого               | 36 | 36 | 36 | 36 | 72    | 72 |

**ОСНОВАНИЕ**

Учебный план утвержден учёным советом вуза от 29.08.2023 протокол № 1.

Программу составил(и): канд. техн. наук, доцент, Буланов Сергей Георгиевич \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой: Тюшнякова И. А. \_\_\_\_\_

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | изучение элементов качественной теории дифференциальных уравнений и теории устойчивости для анализа и синтеза информационных систем и процессов, обладающих значительным научным и техническим значением |
|-----|--|

**2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>ОПК-8.1:</b> | <b>Владеет основами специальных научных знаний в сфере профессиональной деятельности</b>   |
| <b>ОПК-8.2:</b> | <b>Осуществляет педагогическую деятельность на основе использования специальных научных знаний и практических умений в профессиональной деятельности</b> |
| <b>УК-1.1:</b>  | <b>Демонстрирует знание особенностей системного и критического мышления и готовности к нему</b>  |
| <b>УК-1.2:</b>  | <b>Применяет логические формы и процедуры, способен к рефлексии по поводу собственной и чужой мыслительной деятельности</b>                              |
| <b>УК-1.3:</b>  | <b>Анализирует источник информации с точки зрения временных и пространственных условий его возникновения</b>   |
| <b>УК-1.4:</b>  | <b>Анализирует ранее сложившиеся в науке оценки информации</b>   |
| <b>УК-1.5:</b>  | <b>Сопоставляет разные источники информации с целью выявления их противоречий и поиска достоверных суждений</b>  |
| <b>УК-1.6:</b>  | <b>Аргументированно формирует собственное суждение и оценку информации, принимает обоснованное решение</b>   |
| <b>УК-1.7:</b>  | <b>Определяет практические последствия предложенного решения задачи</b>  |

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>Знать:</b>   | системный подход для решения поставленных задач, аналитические и компьютерные методы численного интегрирования и анализа устойчивости;<br>методы анализа и синтеза дифференциальных моделей на основе специальных научных знаний.   |
| <b>Уметь:</b>   | использовать современные методы и технологии при анализе устойчивости систем обыкновенных дифференциальных уравнений;<br>применять методы качественной теории дифференциальных уравнений для анализа и синтеза дифференциальных моделей на основе специальных научных знаний. |
| <b>Владеть:</b> | использовать современные методы качественной теории дифференциальных уравнений при анализе и синтезе реальных систем;<br>анализа и синтеза дифференциальных моделей на основе компьютеризируемых критериев устойчивости.  |

**3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Компетенции           | Литература               |
|-------------|--|----------------|-------|-----------------------|--------------------------|
|             | <b>Раздел 1. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений</b>   |                |       |                       |                          |
| 1.1         | «Основные понятия теории устойчивости»<br>История и эволюция понятия устойчивости. Понятие устойчивости по Ляпунову решения задачи Коши для системы ОДУ. Трактовки понятия устойчивости в различных областях математики и ее приложений. Различные виды и определения понятия устойчивости: орбитальная, экспоненциальная, равномерная, устойчивость по начальным условиям, устойчивость в области.<br>/Лек/ | 4              | 2     | УК-1.1 УК-1.6 ОПК-8.2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.2<br>Л2.4 |
| 1.2         | «Программная реализация разностных методов Эйлера, Эйлера-Коши, Рунге-Кутта, Адамса в Delphi»<br>Пишется код программы, который реализует аналитическую конструкцию разностных методов. Проводится программный и численный эксперимент в условиях меняющихся систем ОДУ.<br>/Лаб/  | 4              | 2     | УК-1.2 УК-1.5 ОПК-8.1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.3 |

|  |  |   |   |                       |                          |
|--|--|---|---|-----------------------|--------------------------|
| 1.3  | Изучение основной и дополнительной литературы. Методы численного интегрирования задачи Коши для ОДУ высокого порядка точности. Семейство методов Рунге-Кутты 7-8 порядков. Методика вывода оценок погрешности разностных методов приближенного решения ОДУ. /Ср/   | 4 | 8 | УК-1.2 УК-1.5 ОПК-8.2 | Л1.1<br>Л1.2Л2.3<br>Л2.4 |
| 1.4  | «Теоремы существования и единственности» Теоремы Пеано, Пикара существования и единственности решения задачи Коши для системы ОДУ. Нарушение единственности решения в случае только лишь непрерывности правой части системы ОДУ. /Лек/   | 4 | 2 | УК-1.3 УК-1.5 ОПК-8.1 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3 |
| 1.5  | Выполнить лабораторное задание: «Программная реализация анализа устойчивости решений задачи Коши в Delphi» Программно реализуются критерии устойчивости, полученные для систем ОДУ. Проводится программный и численный эксперимент в условиях меняющихся систем ОДУ. /Ср/  | 4 | 8 | УК-1.3 УК-1.6 ОПК-8.1 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.4 |
| 1.6  | Изучение основной и дополнительной литературы. Качественная теория дифференциальных уравнений. Уравнения интегрируемые в квадратурах, с разделяющимися переменными. Виды и типы уравнений интегрируемых в квадратурах. Теория устойчивости решений задачи Коши. История возникновения понятия устойчивости, эволюция данного понятия. /Ср/ | 4 | 8 | УК-1.2 УК-1.5 ОПК-8.2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.2 |
| 1.7  | «Аналитические критерии устойчивости систем ОДУ» Линейные системы с постоянными и переменными коэффициентами. Критерий Рауса-Гурвица и Найквиста. Методы решения задачи Коши для линейных и нелинейных систем ОДУ. Функции Ляпунова. /Ср/  | 4 | 6 | УК-1.3 УК-1.7         | Л1.1<br>Л1.2Л2.1<br>Л2.3 |
| <b>Раздел 2. Компьютеризируемые критерии устойчивости систем ОДУ</b> |  |   |   |                       |                          |
| 2.1  | «Разностные методы решения систем ОДУ» Разностные методы решения задачи Коши для систем ОДУ: метод Эйлера, Эйлера-Коши, семейство методов Рунге-Кутты, многошаговые интерполяционные методы Адамса. /Ср/   | 5 | 2 | УК-1.3 УК-1.6 ОПК-8.2 | Л1.1<br>Л1.3Л2.2<br>Л2.3 |
| 2.2  | «Компьютерные модели анализа устойчивости систем линейных ОДУ» Проводится компьютерный анализ устойчивости систем линейных ОДУ. Экспериментально устанавливается длина промежутка и шаг разностного решения, при которых получаются достоверные оценки характера устойчивости. /Лаб/   | 5 | 2 | УК-1.4 УК-1.5 ОПК-8.2 | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.4 |
| 2.3  | Изучение основной и дополнительной литературы. Поиск и сбор необходимой информации. Решение практико-ориентированных заданий. Различные трактовки и определения понятия устойчивости. Устойчивость решения задачи Коши в смысле Ляпунова. /Ср/   | 5 | 4 | УК-1.3 ОПК-8.1        | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.3 |
| 2.4  | «Схема анализа устойчивости по Ляпунову решений задачи Коши, основанная на преобразованиях разностных методов в форму бесконечных произведений» Приводится подход к анализу устойчивости, основанный на матричных мультипликативных преобразованиях разностных схем численного интегрирования. /Ср/  | 5 | 2 | УК-1.5 ОПК-8.1        | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3 |

|      |  |   |   |   |  |
|------|--|---|---|---|--|
| 2.5  | Выполнить лабораторное задание:<br>«Компьютерные модели анализа устойчивости систем нелинейных ОДУ»<br>Выполняется программный и численный эксперимент анализа устойчивости систем нелинейных ОДУ. Проводится сравнение результатов анализа устойчивости с трактовками, полученными на основе аналитических методов.<br>/Ср/   | 5 | 6 | УК-1.1<br>ОПК-8.2   | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3                   |
| 2.6  | Изучение основной и дополнительной литературы.<br>Поиск и сбор необходимой информации. Решение практико-ориентированных заданий.<br>Трудности оценки устойчивости методами качественной теории дифференциальных уравнений.<br>Возможности и существующие подходы к компьютерному анализу устойчивости. /Ср/  | 5 | 2 | УК-1.6<br>ОПК-8.1   | Л1.1<br>Л1.3Л2.3<br>Л2.4                   |
| 2.7  | «Построение компьютерных моделей анализа устойчивости решений задачи Коши для систем ОДУ в Delphi»<br>Строятся модификации компьютерных моделей с целью выяснения различных аспектов компьютерного анализа устойчивости. Предполагается, что модели инвариантны относительно разностных схем приближенного решения, длины промежутка решения и шага решения, величины возмущения начальных данных.<br>/Ср/ | 5 | 2 | УК-1.2 УК-1.4<br>ОПК-8.2  | Л1.1<br>Л1.2Л2.2<br>Л2.3                   |
| 2.8  | Выполнить лабораторное задание:<br>«Компьютерный анализ устойчивости систем Лоренца и Ресслера»<br>Выполняется анализ устойчивости систем Лоренца и Ресслера, актуальных в прикладном аспекте. Компьютерный анализ сопровождается графическими иллюстрациями решений, фазовых портретов.<br>/Ср/   | 5 | 4 | УК-1.1 УК-1.5<br>ОПК-8.1  | Л1.1<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.4                   |
| 2.9  | Изучение основной и дополнительной литературы.<br>Поиск и сбор необходимой информации. Решение практико-ориентированных заданий.<br>Компьютерное моделирование устойчивости по Ляпунову решений задачи Коши для ОДУ, основанное на преобразованиях разностных методов в форму бесконечных произведений. /Ср/   | 5 | 2 | УК-1.1 УК-1.6<br>ОПК-8.1  | Л1.1<br>Л1.3Л2.2<br>Л2.3                   |
| 2.10 | «Системы ОДУ с нетривиальным поведением решений»<br>Рассматриваются физические процессы и явления, описываемые системами типа систем Лоренца и Ресслера. Модернизируются компьютерные модели анализа устойчивости с учетом особенностей систем Лоренца и Ресслера.<br>/Ср/   | 5 | 2 | УК-1.2 УК-1.4<br>ОПК-8.2  | Л1.1<br>Л1.3Л2.3<br>Л2.4                   |
| 2.11 | Изучение основной и дополнительной литературы.<br>Поиск и сбор необходимой информации. Решение практико-ориентированных заданий.<br>Компьютерное моделирование устойчивости сложных систем ОДУ с нетривиальным поведением решений, включающее системы с параметром, с бифуркациями, системы детерминированного хаоса. /Ср/   | 5 | 4 | УК-1.2 УК-1.5<br>ОПК-8.2  | Л1.1<br>Л1.3Л2.2<br>Л2.3                   |
| 2.12 | /Зачёт/  | 5 | 4 | УК-1.1 УК-1.2<br>УК-1.3 УК-1.4<br>УК-1.5 УК-1.6<br>УК-1.7<br>ОПК-8.1<br>ОПК-8.2 | Л1.1 Л1.2<br>Л1.3Л2.1<br>Л2.2 Л2.3<br>Л2.4 |

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Структура и содержание фонда оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации представлены в Приложении 1 к рабочей программе дисциплины.

**5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****5.1. Основная литература**

|      | Авторы,                         | Заглавие  | Издательство, год   | Колич-во  |
|------|---------------------------------|---|---|---|
| Л1.1 | Вержбицкий, Валентин Михайлович | Основы численных методов: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Приклад. мат." | М.: Высш. шк., 2002   | 30  |
| Л1.2 | Бахвалов Н.С., Жидков Н.П.      | Численные методы: учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей высш. учеб. заведений    | М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006  | 30  |
| Л1.3 | Березин И. С., Жидков Н. П.     | Методы вычислений   | Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962 | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456944">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456944</a><br>неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |

**5.2. Дополнительная литература**

|      | Авторы,   | Заглавие  | Издательство, год   | Колич-во  |
|------|---|---|---|---|
| Л2.1 | Березин И. С., Жидков Н. П., Будак Б. М., Горбунов А. Д.      | Методы вычислений   | Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959 | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456943">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456943</a><br>неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
| Л2.2 | Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З., Демидович Б. П. | Численные методы анализа: приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения      | Москва: Главная редакция физико-математической литературы, 1967             | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456948">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456948</a><br>неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
| Л2.3 | Чезари Л., Немыцкий В. В.                                     | Асимптотическое поведение и устойчивость решений обыкновенных дифференциальных уравнений      | Москва: Мир, 1964   | <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=464103">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=464103</a><br>неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
| Л2.4 | Ярославцева, В. Я., Палинчук, Н. Ф.                           | Устойчивость и управление движением: методические указания и задания к самостоятельной работе | Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014     | <a href="http://www.iprbookshop.ru/55667.html">http://www.iprbookshop.ru/55667.html</a><br>неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей                                     |

**5.3 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

rsl.ru – Российская государственная библиотека

elibrary.ru – Научная электронная библиотека

biblioclub.ru – Университетская библиотека онлайн

intuit.ru – Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»

**5.4. Перечень программного обеспечения**

DelphiStudio

Microsoft Office

**5.5. Учебно-методические материалы для студентов с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости по заявлению обучающегося с ограниченными возможностями здоровья учебно-методические материалы предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям здоровья и восприятия информации. Для лиц с нарушениями зрения: в форме аудиофайла; в печатной форме увеличенным шрифтом. Для лиц с нарушениями слуха: в форме электронного документа; в печатной форме. Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в форме электронного документа; в печатной форме.

**6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Помещения для проведения всех видов работ, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения. Для проведения лекционных занятий используется демонстрационное оборудование. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, рабочие места в которых оборудованы необходимыми лицензионными программными средствами и выходом в интернет.

#### **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Методические указания по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины.