|  |
| --- |
|  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** **Компьютерный анализ устойчивости** |
|  |  |
|  направление 09.04.03 Прикладная информатика направленность (профиль) 09.04.03.02 Информационные системы и анализ больших данных |
|  |  |
|  Для набора \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ года |
|  |  |
|  Квалификация Магистр |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  |  |  стр. 2 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  КАФЕДРА |  |  **информатики** |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  **Распределение часов дисциплины по семестрам** |  |  |  |  |
|  |  Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>) |  **4 (2.2)** |  Итого |  |  |  |  |
|  |  Недель |  10 4/6 |  |  |  |  |
|  |  Вид занятий |  УП |  РП |  УП |  РП |  |  |  |  |
|  |  Лекции |  16 |  16 |  16 |  16 |  |  |  |  |
|  |  Лабораторные |  20 |  20 |  20 |  20 |  |  |  |  |
|  |  Итого ауд. |  36 |  36 |  36 |  36 |  |  |  |  |
|  |  Кoнтактная рабoта |  36 |  36 |  36 |  36 |  |  |  |  |
|  |  Сам. работа |  72 |  72 |  72 |  72 |  |  |  |  |
|  |  Итого |  108 |  108 |  108 |  108 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  **ОСНОВАНИЕ** |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  Учебный план утвержден учёным советом вуза от 26.04.2022 протокол № 9/1.   Программу составил(и): канд. техн. наук, доцент, Буланов Сергей Георгиевич \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Зав. кафедрой: Тюшнякова И. А. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  |  |  |  |  стр. 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ** |
|  1.1 |  изучение подходов к анализу устойчивости дифференциальных моделей на основе методов качественной теории и компьютерно-ориентированных критериев устойчивости на основе преобразований разностных схем численного интегрирования |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  **2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ** |
|  **ПКР-1.1:Уметь проводить научные эксперименты** |
|  **ПКР-1.2:Владеть навыками оценки результатов исследований** |
|  **ОПК-7.1:Знать логические методы и приемы научного исследования; методологические принципы современной науки, направления, концепции, источники знания и приемы работы с ними; основные особенности научного метода познания; программно-целевые методы решения научных проблем; основы моделирования управленческих решений; динамические оптимизационные модели; математические модели оптимального управления для непрерывных и дискретных процессов, их сравнительный анализ; многокритериальные методы принятия решений;** |
|  **ОПК-7.2:Уметь осуществлять методологическое обоснование научного исследования;** |
|  **ОПК-4.1:Знать новые научные принципы и методы исследований;** |
|  **ОПК-4.2:Уметь применять на практике новые научные принципы и методы исследований;** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  **В результате освоения дисциплины обучающийся должен:** |
|  **Знать:** |
|  научные принципы и методы исследований в математическом моделировании и теории устойчивости; методы научных исследований и математического моделирования в области анализа устойчивости; методы оценки результатов исследований; |
|  **Уметь:** |
|  применять на практике методы математического моделирования и анализа устойчивости; использовать методы научных исследований и математического моделирования при исследовании характера устойчивости; проводить научные эксперименты; |
|  **Владеть:** |
|  применять на практике новые научные принципы и методы математического моделирования при исследовании устойчивости; использовать методы научных исследований и математического моделирования при анализе устойчивости дифференциальных моделей; оценивать результаты научных экспериментов и исследований. |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ** |
|  **Код занятия** |  **Наименование разделов и тем /вид занятия/** |  **Семестр / Курс** |  **Часов** |  **Компетен-** **ции** |  **Литература** |
|  |  **Раздел 1. Элементы качественной теории дифференциальных уравнений** |  |  |  |  |
|  1.1 |  «Разностные методы решения систем ОДУ» Метод Эйлера, Эйлера-Коши, семейство методов Рунге- Кутта. /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.1 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л2.5Л1.2 Л1.1 Л2.6 |
|  1.2 |  «Разностные методы решения систем ОДУ» Разностные методы решения задачи Коши для систем ОДУ: метод Эйлера, Эйлера-Коши, семейство методов Рунге-Кутта, многошаговые интерполяционные методы Адамса. /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-4.2 ОПК-7.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  1.3 |  «Программная реализация разностных методов Эйлера, Эйлера- Коши, Рунге-Кутта в Delphi» Пишется код программы, который реализует аналитическую конструкцию разностных методов. Проводится программный и численный эксперимент в условиях меняющихся систем ОДУ. /Лаб/ |  4 |  4 |  ОПК-4.1 ПКР-1.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.5 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  |  |  |  |  стр. 4 |
|  1.4 |  «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 |  6 |  ОПК-7.2 ПКР-1.2 |  Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.6 |
|  1.5 |  «Разностные методы решения систем ОДУ» Многошаговые интерполяционные методы. Метод Адамса. /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.1 ОПК-4.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.4 |
|  1.6 |  «Качественная теория дифференциальных уравнений. Уравнения интегрируемые в квадратурах, с разделяющимися переменными. Виды и типы уравнений интегрируемых в квадратурах» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-7.1 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  1.7 |  «Программная реализация метода Адамса в Delphi» Пишется код программы, который реализует аналитическую конструкцию метода. Проводится программный и численный эксперимент в условиях меняющихся систем ОДУ. /Лаб/ |  4 |  4 |  ОПК-7.2 ПКР-1.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  1.8 |  «Аналитические критерии устойчивости систем ОДУ» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-4.2 ОПК-7.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.5 |
|  1.9 |  «Основные понятия теории устойчивости»  /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-7.1 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.6 |
|  1.10 |  «Методы решения задачи Коши для линейных и нелинейных систем ОДУ» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-7.1 ПКР-1.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.5 Л2.6 |
|  1.11 |  «Компьютерная реализация анализа устойчивости решений задачи Коши в Delphi» Выполняется реализация критериев устойчивости, полученные для систем ОДУ. Проводится программный и численный эксперимент в условиях меняющихся систем ОДУ. /Лаб/ |  4 |  4 |  ПКР-1.1 ПКР-1.2 |  Л1.1 Л1.1Л2.5 Л2.6 |
|  1.12 |  «Линейные системы с постоянными и переменными коэффициентами. Критерий Рауса-Гурвица и Найквиста» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-7.2 ПКР-1.2 |  Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.4 |
|  1.13 |  «Понятие устойчивости по Ляпунову решения задачи Коши для системы ОДУ» Трактовки понятия устойчивости в различных областях математики и ее приложений. /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.2 ОПК-7.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.6 |
|  1.14 |  «Методика вывода оценок погрешности разностных методов приближенного решения ОДУ» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-4.1 ОПК-7.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.5 Л2.6 |
|  |  **Раздел 2. Компьютеризируемые критерии устойчивости дифференциальных моделей** |  |  |  |  |
|  2.1 |  «Различные виды и определения понятия устойчивости» Орбитальная, экспоненциальная, равномерная, устойчивость по начальным условиям, устойчивость в области. /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.1 ОПК-7.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  2.2 |  «Методы численного интегрирования задачи Коши для ОДУ высокого порядка точности. Семейство методов Рунге-Кутта 7-8 порядков. Методы Бутчера и Дормана-Принса» /Ср/ |  4 |  6 |  ОПК-4.2 ОПК-7.2 |  Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.6 |
|  2.3 |  «Теоремы существования и единственности»  /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.2 ОПК-7.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  2.4 |  «Функции Ляпунова» /Ср/ |  4 |  8 |  ОПК-4.1 ПКР-1.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.6 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  |  |  |  |  |  |  стр. 5 |
|  2.5 |  «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/ |  4 |  4 |  ОПК-4.1 ПКР-1.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.6 |
|  2.6 |  «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/ |  4 |  4 |  ОПК-4.1 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  2.7 |  «Теоремы Пеано, Пикара существования и единственности решения задачи Коши для системы ОДУ» /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-4.1 ПКР-1.1 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.6 |
|  2.8 |  «Компьютерные модели анализа устойчивости систем нелинейных ОДУ» Выполняется программный и численный эксперимент анализа устойчивости систем нелинейных ОДУ. Проводится сравнение результатов анализа устойчивости с трактовками, полученными на основе аналитических методов. /Ср/ |  4 |  4 |  ОПК-7.1 ПКР-1.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  2.9 |  «Нарушение единственности решения в случае только лишь непрерывности правой части системы ОДУ» /Лек/ |  4 |  2 |  ОПК-7.2 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.6 |
|  2.10 |  «Построение компьютерных моделей анализа устойчивости решений задачи Коши для систем ОДУ в Delphi» 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. /Лаб/ |  4 |  4 |  ОПК-4.2 ПКР-1.1 |  Л1.1 Л1.1Л2.4 Л2.5 |
|  2.11 |  «Компьютерный анализ устойчивости систем Ферхюльста, Матье, Дюффинга, Самуэльсона-Хикса, Кюрасао» Выполняется анализ устойчивости систем Ферхюльста, Матье, Дюффинга, Самуэльсона-Хикса, Кюрасао, актуальных в прикладном аспекте. Компьютерный анализ сопровождается графическими иллюстрациями решений, фазовых портретов.  /Ср/ |  4 |  4 |  ОПК-7.2 ПКР-1.2 |  Л1.2 Л1.1Л2.3 Л2.6 |
|  2.12 |  /Зачёт/ |  4 |  4 |  ОПК-4.1 ОПК-4.2 ОПК-7.1 ОПК-7.2 ПКР-1.1 ПКР-1.2 |  Л1.2 Л1.1 Л1.1Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  **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, составители |  Заглавие |  Издательство, год |  Колич-во |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  |  |  стр. 6 |
|  |  Авторы, составители |  Заглавие |  Издательство, год |  Колич-во |
|  Л1.1 |  Березин И. С., Жидков Н. П. |  Методы вычислений |  Москва: Государственное издательство физико- математической литературы, 1962 |  http://biblioclub.ru/index. php? page=book&id=456944 неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
|  **5.2. Дополнительная литература** |
|  |  Авторы, составители |  Заглавие |  Издательство, год |  Колич-во |
|  Л2.1 |  Вержбицкий, Валентин Михайлович |  Основы численных методов: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Приклад. мат." |  М.: Высш. шк., 2002 |  30 |
|  Л2.2 |  Бахвалов Н.С., Жидков Н.П. |  Численные методы: учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей высш. учеб. заведений |  М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2006 |  30 |
|  Л2.3 |  Березин И. С., Жидков Н. П., Будак Б. М., Горбунов А. Д. |  Методы вычислений |  Москва: Государственное издательство физико- математической литературы, 1959 |  http://biblioclub.ru/index. php? page=book&id=456943 неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
|  Л2.4 |  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 |  http://biblioclub.ru/index. php? page=book&id=456948 неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
|  Л2.5 |  Чезари Л., Немыцкий В. В. |  Асимптотическое поведение и устойчивость решений обыкновенных дифференциальных уравнений |  Москва: Мир, 1964 |  http://biblioclub.ru/index. php? page=book&id=464103 неограниченный доступ для зарегистрированных пользователей |
|  Л2.6 |  Ярославцева, В. Я., Палинчак, Н. Ф. |  Устойчивость и управление движением: методические указания и задания к самостоятельной работе |  Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014 |  http://www.iprbookshop. ru/55667.html 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. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  УП: 09.04.03.02-22-1-ПИG.plx |  |  стр. 7 |
|  |  |  |
|  **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** |
|  Методические указания по освоению дисциплины представлены в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. |