|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Autogenerated | | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  «МИРЭА – Российский технологический университет» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Институт информационных технологий** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | УТВЕРЖДАЮ | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Директор ИИТ | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Зуев А.С. | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2021 г. | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Рабочая программа дисциплины (модуля) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Прикладные задачи нелинейной динамики** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Читающее подразделение | | | | | |  |  | **кафедра прикладной математики** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Направление | | | | | | |  | **01.03.04 Прикладная математика** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Направленность | | | | | | |  | **Анализ данных** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Квалификация | | | | |  |  |  | **бакалавр** | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Форма обучения | | | | |  |  |  | **очная** | | | | | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Общая трудоемкость | | | |  |  |  |  | **4 з.е.** | | | | | | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Распределение часов дисциплины и форм промежуточной аттестации по семестрам** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр | | Зачётные единицы | Распределение часов | | | | | | | | | | | | | | | Формы промежуточной аттестации | | |  |
| Всего | Лекции | | | | Лабораторные | | | Практические | Самостоятельная работа | | Контактная работа в период практики и (или) аттестации | | | Контроль |  |
| 5 | | 4 | 144 | 32 | | | | 0 | | | 32 | 62 | | 0,25 | | | 17,75 | Зачет | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | Москва 2021 | | | | | | |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  | стр. 2 |
| Программу составил(и): |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| *канд. экон. наук, доцент, Пронина Елена Николаевна \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа дисциплины | | |  |  |
| **Прикладные задачи нелинейной динамики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| разработана в соответствии с ФГОС ВО: | | |  |  |
| Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 11) | | | | |
|  |  |  |  |  |
| составлена на основании учебного плана: | | |  |  |
| направление: 01.03.04 Прикладная математика  направленность: «Анализ данных» | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа одобрена на заседании кафедры | | | | |
| **кафедра прикладной математики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Протокол от 25.08.2021 № 176    Зав. кафедрой Дзержинский Р.И. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  | стр. 3 |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры | | | | |
| **кафедра прикладной математики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. № \_\_    Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |
|  |  | | **Подпись Расшифровка подписи** | |
|  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры | | | | |
| **кафедра прикладной математики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г. № \_\_    Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |
|  |  |  | **Подпись Расшифровка подписи** | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры | | | | |
| **кафедра прикладной математики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2024 г. № \_\_    Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |
|  |  |  | **Подпись Расшифровка подписи** | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | | | | |
|  |  |  |  |  |
| **Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры | | | | |
| **кафедра прикладной математики** | | | | |
|  |  |  |  |  |
|  | Протокол от \_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2025 г. № \_\_    Зав. кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | |
|  |  |  | **Подпись Расшифровка подписи** | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | | | |  | стр. 4 |
| **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| Дисциплина «Прикладные задачи нелинейной динамики» имеет своей целью способствовать формированию у обучающихся компетенций. предусмотренных данной рабочей программой в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика с учетом специфики направленности подготовки – «Анализ данных». | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ** | | | | | |
|  | Направление: |  | 01.03.04 Прикладная математика | | |
|  |
|  | Направленность: |  | Анализ данных | | |
|  |  |  |
|  | Блок: |  | Дисциплины (модули) | | |
|  |  |  |
|  | Часть: |  | Часть, формируемая участниками образовательных отношений | | |
|  |  |  |
|  | Общая трудоемкость: |  | 4 з.е. (144 акад. час.). | | |
|  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть компетенциями: | | | | | |
| **ПК-2** - Способен выполнять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба сложности в целях решения задач анализа данных | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **ПК-2 : Способен выполнять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба сложности в целях решения задач анализа данных** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **ПК-2.4 : Выполняет применение методов математического моделирования с целью подготовки к концептуальному, функциональному и логическому проектированию систем среднего и крупного масштаба сложности** | | | | | |
| **Знать:** | | | | | |
| - основные понятия нелинейной динамики | | | | | |
| - место дисциплины среди естественных наук | | | | | |
| - закономерности поведения нелинейных систем различной природы | | | | | |
| - математический аппарат нелинейной динамики | | | | | |
| **Уметь:** | | | | | |
| - записывать уравнения эволюции систем | | | | | |
| - находить стационарные состояния | | | | | |
| - анализировать устойчивость системы | | | | | |
| - находить точки бифуркаций | | | | | |
| **Владеть:** | | | | | |
| - терминологией нелинейной динамики систем | | | | | |
| - основными методами решений обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, разностных уравнений | | | | | |
| - методами построения и анализа фазовых портретов систем | | | | | |
| - методами анализа устойчивости стационарных состояний | | | | | |
| - методами работы с компьютерными программами по нелинейной динамике | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 5 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **Знать:** | | | | | | |
| - закономерности поведения нелинейных систем различной природы | | | | | | |
| - математический аппарат нелинейной динамики | | | | | | |
| - основные понятия нелинейной динамики | | | | | | |
| - место дисциплины среди естественных наук | | | | | | |
| **Уметь:** | | | | | | |
| - анализировать устойчивость системы | | | | | | |
| - находить точки бифуркаций | | | | | | |
| - записывать уравнения эволюции систем | | | | | | |
| - находить стационарные состояния | | | | | | |
| **Владеть:** | | | | | | |
| - методами анализа устойчивости стационарных состояний | | | | | | |
| - методами работы с компьютерными программами по нелинейной динамике | | | | | | |
| - методами построения и анализа фазовых портретов систем | | | | | | |
| - терминологией нелинейной динамики систем | | | | | | |
| - основными методами решений обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, разностных уравнений | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| При проведении учебных занятий организация обеспечивает развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений и лидерских качеств. | | | | | | |
| **Код занятия** | **Наименование разделов и тем /вид занятия/** | | **Сем.** | **Часов** | **Компетенции** | |
| **1. Динамические системы с непрерывным и дискретным временем** | | | | | | |
| **1.1** | **Основные** **понятия** **теории** **динамических** **систем**  **(Лек).** Введение. Понятие динамической системы. Классификация.  Математические модели динамических систем, описываемых обыкновенными  дифференциальными уравнениями. Пространство состояний. Фазовый портрет.  Консервативные и диссипативные системы. Консервативные системы:  Гармонические колебания. Движение в поле потенциальных сил.  Нелинейный осциллятор без трения.  Линейный осциллятор с трением, как пример диссипативной системы.  Понятие автоколебаний. Генератор Ван дер Поля.  Дискретные модели. Отображение Пуанкаре. Странные аттракторы  как принципиально новый тип траекторий.  Исторические аспекты возникновения теории детерминированного хаоса.  Система Лоренца | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 6 |
| **1.2** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Особенности фазового пространства динамических систем на примере колебаний математического маятника. Компьютерное моделирование гармонического и ангармонического  осцилляторов с трением и в его отсутствие. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.3** | **Свойства** **нелинейных** **динамических** **систем.**  **(Лек).** Жесткие и мягкие модели по Арнольду. Жесткие модели как путь к ошибочным предсказаниям. Бифуркации динамических систем на прямой и плоскости. Бифуркационная диаграмма | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.4** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Жесткие и мягкие модели по Арнольду. Бифуркации динамических систем на прямой и плоскости. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.5** | **Качественная** **теория** **динамических** **систем**  **(Лек).** Качественная картина разбиения фазового пространства на траектории. Особые точки и особые траектории динамических систем  Классификация Пуанкаре. Устойчивость по первому приближению для системы второго порядка с постоянными коэффициентами. Поведение фазовых траекторий вблизи положения равновесия. Устойчивость периодических движений. Обобщающее понятие предельного множества. Аттракторы регулярные и странные. Примеры: математический маятник, система Лотки-Вольтерры, динамика численности земледельческой общины. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.6** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Классическая модель Лотки-Вольтерры и ее модификации. Компьютерное моделирование динамики численностей биологических популяций в классической модели "хищник-жертва". | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.7** | **Структурная** **устойчивость** **и** **бифуркации** **динамических** **систем**  **(Лек).** Свойство грубости динамической системы. Типичные бифуркации динамических систем. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.8** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Эндогенные колебания численности населения в нелинейной демографической модели. Нелинейная модель демографической динамики. Эндогенные колебания численности. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 7 |
| **1.9** | **Гамильтоновы** **системы**  **(Лек).** Вариационные принципы в физике. Принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Движение в центральном поле. Закон сохранения обобщенного импульса.  Канонические уравнения Гамильтона, эквивалентность лагранжева и гамильтонова описания движения. Законы сохранения и инвариантность гамильтониана.  Пример колебаний физического маятника в поле потенциальных сил. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.10** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Бифуркации динамических систем различной природы. Бифуркации динамических систем различной природы. Нелинейные возмущения модели Лотки-Вольтерры: модель с логистической поправкой. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.11** | **Приближенные** **методы** **исследования** **нелинейных** **динамических** **систем**  **(Лек).** Метод усреднения. Асимптотические методы малого параметра | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.12** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Приближенные методы исследования нелинейных динамических систем. Сравнение приближенных решений уравнения Ван-дер-Поля, полученных методами усреднения и Рунге-Кутты. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.13** | **Автоколебательные** **системы**  **(Лек).** Общие свойства автоколебательных систем. Замкнутые траектории динамических систем, пример Пуанкаре и его аналитическое решение. Примеры прикладных задач: . Генератор Ван-дер-Поля; периодическая реакция Б.П.Белоусова (брюсселятор); модель Холлинга-Теннера | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.14** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Автоколебания в системах различной природы. Автоколебания в системах различной природы: генератор Ван-дер-Поля, модель брюсселятора и Холлинга-Тэннера | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.15** | **Мягкое** **и** **жесткое** **возбуждение** **автоколебаний**  **(Лек).** Мягкое и жесткое возбуждение автоколебаний. Сравнение бифуркационных диаграмм динамических систем, приводящих к мягкому и жесткому возбуждению автоколебаний | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.16** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Мягкое и жесткое возбуждение автоколебаний. Получение аналитическим путем автоколебательных режимов в модельных системах второго порядка с различными типами их возбуждения. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 8 |
| **1.17** | **Хаотизация** **динамических** **систем** **с** **непрерывным** **временем**  **(Лек).** Хаотизация динамических систем с непрерывным временем при внешнем воздействии. Хаотические автоколебания: нелинейный осциллятор при гармоническом внешнем воздействии. Уравнение Дуффинга. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.18** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Хаотизация динамических систем с непрерывным временем. Компьютерное моделирование уравнения Ван-дер-Поля и Дуффинга с гармонической внешней силой. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.19** | **Нелинейные** **динамические** **системы** **с** **дискретным** **временем**  **(Лек).** Сечение Пуанкаре. Метод точечных отображений. Простые неподвижные точки и кратные циклы. Функция последования. Диаграмма Кенигса-Ламерея. Теорема Кенигса. Теорема Шарковского. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.20** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Моделирование одномерных точечных отображений. Моделирование одномерных точечных отображений на примере логистического отображения. Сверхчувствительность к изменению начальных условий. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.21** | **Логистическое** **отображение** **как** **эталонное** **одномерное** **точечное** **отображение.**  **Сценарий** **превращения** **порядка** **в** **хаос.**  **(Лек).** Логистическое отображение, его содержательные интерпретации. Параметрическое исследование логистического отображения. Бифуркационная диаграмма. Фрактальные свойства хаоса. Универсальные константы Фейгенбаума. Бифуркации удвоения периода. Детерминированный хаос, окна периодичности | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.22** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Параметрическое исследование логистического отображения. Параметрическое исследование логистического отображения. Компьютерное построение бифуркационной диаграммы. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.23** | **Критерии** **детерминированного**  **хаоса**  **(Лек).** Показатели Ляпунова. Спектр Фурье. Автокорелляционная и структурная функции. Энтропия Колмогорова. Эргодическая теория и хаос. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.24** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Критерии детерминированного хаоса. Компьютерное моделирование зависимости показателя Ляпунова от параметра логистического отображения, построение спектра Фурье, автокорелляционной и структурной функции. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 9 |
| **1.25** | **Комплексная** **динамика**  **(Лек).** Множества Жюлиа и Мандельброта. Связь бифуркационных диаграмм для отображения Мандельброта и логистического отображения. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.26** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Дискретные отображения в комплексной плоскости. Отображение Мандельброта и его компьютерная реализация. Построение множества Жюлиа | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.27** | **Понятие** **о** **фракталах**  **(Лек).** Фрактальные структуры в природе. Длина береговых линий и сухопутных границ, их фрактальная размерность. Броуновское движение как фрактал. Множество Кантора. Снежинки Коха, ковры Серпинского, кривая Гильберта. Работы Эшера.  Емкость и другие виды фрактальных размерностей, размерность Хаусдорфа. Фрактальная размерность странного аттрактора. Самоподобие. Функция Вейрштрасса, как пример самоподобной кривой. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.28** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Фрактальная размерность и вычислительные алгоритмы ее оценки. Фрактальная размерность и вычислительные алгоритмы ее оценки на примере функций Вейерштрасса, Мандельброта и простейшей модели имитации броуновского движения. | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.29** | **Автоволновые** **процессы** **как** **один** **из** **факторов** **самоорганизации** **и** **формообразования** **в** **открытых** **системах.**  **(Лек).** Распределенные динамические системы, автомодельные решения. Реакционно-диффузионные модели. Неустойчивость Тьюринга. Диссипативные структуры | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.30** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Распределенная модель брюсселятора. Компьютерное моделирование структур Тьюринга | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.31** | **Автоволновые** **процессы** **(продолжение)**  **(Лек).** Одномерное уравнение диффузии с переменным коэффициентом диффузии. Теория размерностей, подбор параметрической зависимости для коэффициента диффузии. Моделирование структур типа колец Лизиганга | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.32** | **Проведение** **круглого** **стола**  **(Пр).** Защита работ студентов | | 5 | 2 | ПК-2.4 | |
| **1.33** | **Подготовка** **к** **аудиторным** **занятиям**  **(Ср).** Выполнение практических работ, подготовка отчетов по практическим занятиям, подготовка к защитам практических работ | | 5 | 62 | ПК-2.4 | |
| **2. Промежуточная аттестация (зачёт)** | | | | | | |
| **2.1** | **Подготовка** **к** **сдаче** **промежуточной** **аттестации**  **(Зачёт).** | | 5 | 17,75 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 10 |
| **2.2** | **Контактная** **работа** **с** **преподавателем** **в** **период** **промежуточной** **аттестации**  **(КрПА).** | | 5 | 0,25 | ПК-2.4 | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **5.1. Перечень компетенций** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Прикладные задачи нелинейной динамики», с указанием результатов их формирования в процессе освоения образовательной программы, представлен в п.3 настоящей рабочей программы | | | | | | |
| **5.2. Типовые контрольные вопросы и задания** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Сформулируйте условия задания математической модели динамической системы, модели какого типа Вы знаете?  2. Определите понятие фазового пространства, фазового портрета, фазовой траектории, векторного поля скоростей динамической системы  3. Дайте определение точки покоя системы для динамической системы с непрерывным временем  4. Сформулируйте условия устойчивости динамической системы по первому приближению  5. Сформулируйте необходимое условие рождения предельного цикла в нелинейной динамической системе с размерностью фазового пространства 2  6. В какие состояния равновесия может переходить особая точка типа центра в результате незначительных возмущений правых частей системы дифференциальных уравнений?  7. Укажите структурно неустойчивые простые положения равновесия  8. В чем состоит условие топологической эквивалентности динамических систем?  9. Какие виды движения динамической системы можно отнести к предельным множествам?  10. Укажите необходимые и достаточные условия структурной устойчивости динамических систем  11. Укажите основные типы бифуркаций состояний равновесия и периодических движений нелинейной динамической системы  12. В чем заключается приближенное исследование нелинейной системы методом усреднения? Какую систему называют укороченной?  13. Определите суть асимптотических методов исследования нелинейных динамических систем  14. Проведите сравнение мягкого типа возбуждения автоколебаний от жесткого  15. Возможно ли возникновение хаотических режимов в динамических системах с числом степеней свободы 2? При каких условиях?  16. Опишите содержание метода точечных отображений Пуанкаре  17. В чем заключается задача исследования точечного преобразования?  18. Каким образом определяются простые неподвижные точки на диаграмме Кенигса- Ламерея?  19. Сформулируйте теорему Шарковского  20. Сформулируйте теорему Кенигса об устойчивости неподвижных точек.  21. Укажите критерии детерминированного хаоса в динамических системах  22. Какие значения показателя Ляпунова соответствуют периодическим движениям, а какие - хаотической динамике?  23. Укажите, каким образом соотносятся точки бифуркации дерева Фейгенбаума и нули показателя Ляпунова?  24. Укажите характерную особенность спектра Фурье, автокорреляционной функции и структурной функции для последовательности итераций точечного отображения в случае n- кратного цикла  25. Укажите правило вычисления первой универсальной константы Фейгенбаума. | | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | | |  |  | стр. 11 |
| 26. Может ли в распределенной системе возникнуть неустойчивость по типу узла, если соответствующая точечная система устойчива при любых параметрах?  27. Какие типы неустойчивости могут реализоваться в распределенной системе, если точечная система устойчива при любых параметрах? | | | | | |
| **5.3. Фонд оценочных материалов** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| Полный перечень оценочных материалов представлен в приложении 1. | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6.1. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | | |
| **Наименование помещения** | | | | **Перечень основного оборудования** | |
| Компьютерный класс | | | | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», мультимедийное оборудование, специализированная мебель. | |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | | | | Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, наборы демонстрационного оборудования и учебно- наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации. | |
| Компьютерный класс | | | | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», мультимедийное оборудование, специализированная мебель. | |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся | | | | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду организации. | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ** | | | | | |
| 1. |  | Microsoft Windows. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г. | | | |
| 2. |  | Microsoft Office. Договор №32009183466 от 02.07.2020 г. | | | |
| 3. |  | R. Свободное программное обеспечение (лицензия GNU GPL2) | | | |
| 4. |  | Python. Свободное программное обеспечение (лицензия PSFL) | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6.3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6.3.1. Основная литература** | | | | | |
| 1. |  | Дзержинский Р. И., Пронина Е. Н. Прикладные задачи в анализе динамики систем [Электронный ресурс]:практикум. - М.: РТУ МИРЭА, 2018. - – Режим доступа: http://library.mirea.ru/secret/06032019/1927.iso | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **6.3.2. Дополнительная литература** | | | | | |
| 1. |  | Лаговский Б. А., Пронина Е. Н., Гадзаов А. Ф. Математические методы обработки сигналов [Электронный ресурс]:учебное пособие. - М.: РТУ МИРЭА, 2018. - – Режим доступа: http://library.mirea.ru/secret/06032019/1928.iso | | | |
| 2. |  | Кузьмин В. И., Самохин А. Б., Гадзаов А. Ф., Чердынцев В. В. Модели и методы определения параметров нелинейных процессов:. - М.: МИРЭА, 2016. - 147 с. | | | |
| 3. |  | Кузьмин В. И., Гадзаов А. Ф. Математические модели информационных систем [Электронный ресурс]:учебное пособие. - М.: РТУ МИРЭА, 2018. - – Режим доступа: http://library.mirea.ru/secret/25092018/1818.iso | | | |
| 4. |  | Кузьмин В. И., Галуша Н. А., Пронина Е. Н. Категории ритмического единства природы:. - М.: Акад. воен. наук, 2008. - 137 с. | | | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | | |  | стр. 12 |
|  |  |  |  |  |
| **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ** | | | | |
| 1. |  | Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru | | |
| 2. |  | Консультант Плюс http:// www.consultant.ru | | |
| 3. |  | Информационно-правовой портал ГАРАНТ http:// www.garant.ru | | |
|  |  |  |  |  |
| **6.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** | | | | |
| Самостоятельная работа студента направлена на подготовку к учебным занятиям и на развитие знаний, умений и навыков, предусмотренных программой дисциплины.  В соответствии с учебным планом дисциплина может предусматривать лекции, практические занятия и лабораторные работы, а также выполнение и защиту курсового проекта (работы). Успешное изучение дисциплины требует посещения всех видов занятий, выполнение заданий преподавателя и ознакомления с основной и дополнительной литературой. В зависимости от мероприятий, предусмотреннх учебным планом и разделом 4, данной программы, студент выбирает методические указания для самостоятельной работы из приведённых ниже.  При подготовке к лекционным занятиям студентам необходимо:  перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.  Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.  При подготовке к практическому занятию студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.  При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:  приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;  до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;  в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;  в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;  на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.  Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющим письменного решения задач или не подготовившихся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изученную на занятии.  Методические указания, необходимые для изучения и прохождения дисциплины приведены в составе образовательной программы. | | | | |
|  |  |  |  |  |
| **6.6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБУЧЕНИЮ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ** | | | | |
| Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.  Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx |  | стр. 13 |
| осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.  В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.  Медиаматериалы также следует использовать и адаптировать с учетом индивидуальных особенностей обучения лиц с ОВЗ.  Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.  Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:  - в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);  - в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);  - методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).  Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:  - письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);  - выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);  - устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).  При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов. | | |