|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 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) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Модели и методы теории оптимального управления** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | 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 |  |
| 7 | | 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 Е. Н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* | | | | |
|  |  |  |  |  |
| Рабочая программа дисциплины | | |  |  |
| **Модели и методы теории оптимального управления** | | | | |
|  |  |  |  |  |
| 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 «Модели и методы теории оптимального управления» 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:** | | | | | |
| - теоретические и методические основы теории оптимального управления, возможности их эффективного использования для решения прикладных задач в предметной области. | | | | | |
| **Уметь:** | | | | | |
| - применять математический аппарат теории оптимального управления для формализации и решения прикладных задач в реальных ситуациях. | | | | | |
| **Владеть:** | | | | | |
| - методами оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач при создании прогнозно-аналитических систем и навыками использования в этих целях аппарата теории оптимального управления, методами выделения подсистем системы при создании прогнозно- аналитических систем, методами распределения общих требований по подсистемам при создании прогнозно-аналитических систем, методами установки целевых значений показателей деятельности объекта автоматизации при создании прогнозно-аналитических систем | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) ОБУЧАЮЩИЙСЯ ДОЛЖЕН** | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |
| **Знать:** | | | | | |
| - теоретические и методические основы теории оптимального управления, возможности их эффективного использования для решения прикладных задач в предметной области. | | | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 5 |
| **Уметь:** | | | | | | |
| - применять математический аппарат теории оптимального управления для формализации и решения прикладных задач в реальных ситуациях. | | | | | | |
| **Владеть:** | | | | | | |
| - методами оценки и согласования сроков выполнения поставленных задач при создании прогнозно-аналитических систем и навыками использования в этих целях аппарата теории оптимального управления, методами выделения подсистем системы при создании прогнозно- аналитических систем, методами распределения общих требований по подсистемам при создании прогнозно-аналитических систем, методами установки целевых значений показателей деятельности объекта автоматизации при создании прогнозно-аналитических систем | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **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. Общая постановка задачи об отпимуме** | | | | | | |
| **1.1** | **Общая** **постановка** **задачи** **об** **оптимуме**  **(Лек).** Введение. Основные понятия: функция и функционал, минимум и максимум, нижняя (верхняя) и точная нижняя (верхняя) границы функционала, минимизирующая последовательность. Примеры прикладных задач. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **2. Экстремум функций конечного числа переменных** | | | | | | |
| **2.1** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Экстремум функций конечного числа переменных. Безусловный экстремум. Безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия экстремума гладкой функции. Матрица Гессе. Критерий Сильвестра знакоопределенности квадратичной формы. Относительный и абсолютный экстремум | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **2.2** | **Экстремум** **функций** **конечного** **числа** **переменных.** **Условный** **и** **безусловный** **экстремум**  **(Лек).** Теорема Вейерштрасса. Условный и безусловный экстремум. Необходимые и достаточные условия экстремума гладкой функции. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Условия Каруши-Куна-Таккера | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **2.3** | **Проведение** **семинарских** **занятий**  **(Пр).** Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа, Условия Каруши-Куна-Таккера. Условный экстремум: задачи с ограничениями типа равенств. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Задачи с ограничениями типа неравенств: Условия Каруши-Куна-Таккера | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 6 |
| **3. Введение в вариационное исчисление** | | | | | | |
| **3.1** | **Введение** **в** **вариационное** **исчисление.** **Вариационные** **принципы** **физики.**  **(Лек).** Постановка задачи вариационного исчисления, вариация и ее свойства, вариационная производная. Необходимое условие относительного экстремума функционала. Уравнение Эйлера-Лагранжа. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **3.2** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Введение в вариационное исчисление. Техника вычисления вариаций функций и функционалов. Уравнение Эйлера- Лагранжа, случаи понижения его порядка | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4. Управляемые процессы с непрерывным временем. Формализм достаточных условий оптимальности В.Ф.Кротова** | | | | | | |
| **4.1** | **Формализм** **достаточных** **условий** **оптимальности** **и** **принцип** **оптимальности** **В.Ф.Кротова** **для** **управляемых** **процессов** **с** **непрерывным** **временем**  **(Лек).** Постановка задачи оптимального управления: состояние, управление, аргумент процесса. Примеры. Теоремы Кротова о минимали и минимизирующей последовательности  Формулировка и доказательство теоремы Кротова: а) для непрерывных процессов; | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.2** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Уравнение Эйлера-Лагранжа. Случаи понижения порядка уравнения. Решение классических вариационных задач физического и геометрического содержания. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.3** | **Задача** **Эйлера.** **Различные** **виды** **индикатрис** **и** **определяемых** **ими** **решений**  **(Лек).** Задача Эйлера. Индикатриса. Разрывное решение, его приближение минимизирующей последовательностью. Скользящие режимы. Задачи с ограничениями на управления: магистральный режим | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.4** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Задача Эйлера. Линейная по управлению индикатриса. Решение задачи Эйлера с линейной по управлению индикатрисой: разрывное решение, его приближение минимизирующей последовательностью. Индикатриса невыпуклая и с ограниченной нелинейностью: скользящие режимы | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.5** | **Метод** **Лагранжа-Понтрягина** **для** **управляемых** **процессов** **с** **непрерывным** **временем**  **(Лек).** Вывод системы уравнений принципа максимума Л.С.Понтрягина. Двухточечная краевая задача и методы ее решения. Условия трансверсальности. Свободный, закрепленный правый конец. "Негативный" пример | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 7 |
| **4.6** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Задача Эйлера. Различные виды индикатрис и определяемых ими решений. Решение задачи Эйлера с ограничениями на управление: магистральный режим | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.7** | **Метод** **Лагранжа-Понтрягина** **для** **линейных** **и** **выпуклых** **задач** **оптимального** **управления**  **(Лек).** Метод Лагранжа-Понтрягина для линейных и выпуклых задач оптимального управления - необходимое и достаточное условие оптимальности | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.8** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Методические приемы решения задач оптимального управления методом Лагранжа-Понтрягина. Решение задач оптимального управления со свободным правым концом, без ограничений на управление | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.9** | **Достаточные** **условия** **оптимальности** **Кротова** **для** **задач** **оптимального** **управления** **с** **подвижной** **границей**  **(Лек).** Теорема Кротова для задач с подвижной границей. Задача оптимального быстродействия на примере простейшего механического движения | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.10** | **Проведение** **семинарских** **занятий**  **(Пр).** Методические приемы решения задач методом Лагранжа-Понтрягина. Решение задач оптимального управления с закрепленным правым концом, без ограничений на управление | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.11** | **Метод** **Гамильтона-Якоби-Беллмана**  **(Лек).** Вывод уравнений метода Гамильтона-Якоби-Беллмана. Уравнение Беллмана, возможности его аналитического решения. Синтез оптимального управления, отличие от управления в форме программы. Сравнительный анализ методов Лагранжа-Понтрягина и метода Гамильтона-Якоби-Беллмана | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.12** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Методические приемы решения задач методом Лагранжа-Понтрягина. Решение задач оптимального управления с ограничениями на управления | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.13** | **Задача** **Летова** **аналитического** **конструирования** **оптимального** **регулятора** **(АКОР).** **Линейный** **и** **квадратичный** **критерии** **качества.**  **(Лек).** Задача (АКОР). Синтез оптимального регулятора для линейной системы с линейным и квадратичным критериями качества. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.14** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Задача оптимального быстродействия. Решение задачи оптимального быстродействия для простого механического движения | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 8 |
| **4.15** | **Взаимосвязь** **теории** **оптимального** **управления** **и** **классического** **вариационного**  **исчисления**  **(Лек).** Вывод уравнения Эйлера-Лагранжа, условия Вейерштрасса, Лежандра и Якоби из принципа оптимальности Кротова. Уравнение Гамильтона-Якоби. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.16** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана. Построение синтеза управления для систем без ограничений на состояние | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.17** | **Многошаговые** **управляемые** **процессы.** **Теорема** **о** **достаточных** **условиях** **и** **принцип** **оптимальности.** **Кротова.** **Метод** **Лагранжа**  **(Лек).** Многошаговые процессы: примеры. Теорема Кротова. Метод Лагранжа | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **4.18** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Оптимальный синтез управления, система с ограничениями на состояние. Метод штрафных функций. Построение оптимального синтеза управления для систем с ограничениями на состояние. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5. Многошаговые управляемые процессы. Теорема о достаточных условиях оптимальности. Принцип оптимальности Кротова** | | | | | | |
| **5.1** | **Метод** **Гамильтона-Якоби-Беллмана.** **Многошаговый** **вариант**  **(Лек).** Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана. Многошаговый вариант. Основное функциональное соотношение метода. На примере оптимального распределения инвестиций между проектами | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.2** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Метод Лагранжа для многошаговых процессов. Многошаговые процессы: решение задач методом Лагранжа | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.3** | **Оптимизационная** **модель** **макроэкономической** **динамики**  **(Лек).** Оптимизационная модель макроэкономической динамики. Магистральный режим развития и его свойства | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.4** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Метод динамического программирования для многошаговых процессов. Многошаговые процессы: решение задач методом динамического программирования | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.5** | **Прикладные** **задачи** **оптимального** **управления** **физико-технического** **содержания**  **(Лек).** Оптимальный синтез сигнала при импульсно-кодовой модуляции. Постановка задачи. Уравнения принципа максимума. Численное решение краевой задачи методом прогонки. Анализ результатов | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | |  |  |  |  | стр. 9 |
| **5.6** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Однопродуктовая макроэкономическая модель. Решение задачи оптимального управления для однопродуктовой макроэкономической модели. "Золотое правило" накопления. | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.7** | **Теория** **оптимального** **управления** **и** **дифференциальные** **игры**  **(Лек).** Модель взаимодействия противоборствующих сторон, имеющих в составе наступательные силы и ударные силы огневой подготовки | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.8** | **Выполнение** **практических** **заданий**  **(Пр).** Оптимальный синтез сигнала при импульсно-кодовой модуляции. Постановка задачи, структурная схема импульсно-кодовой модуляции. Уравнения принципа максимума для задачи с частично закрепленным правым концом. Численное решение краевой задачи методом прогонки. Анализ результатов | | 7 | 2 | ПК-2.4 | |
| **5.9** | **Подготовка** **к** **аудиторным** **занятиям**  **(Ср).** Подготовка к лекционным и практическим занятиям | | 7 | 30 | ПК-2.4 | |
| **5.10** | **Выполнение** **домашнего** **задания**  **(Ср).** Выполнение заданий на дому | | 7 | 32 | ПК-2.4 | |
| **6. Промежуточная аттестация (зачёт)** | | | | | | |
| **6.1** | **Подготовка** **к** **сдаче** **промежуточной** **аттестации**  **(Зачёт).** | | 7 | 17,75 | ПК-2.4 | |
| **6.2** | **Контактная** **работа** **с** **преподавателем** **в** **период** **промежуточной** **аттестации**  **(КрПА).** | | 7 | 0,25 | ПК-2.4 | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **5.1. Перечень компетенций** | | | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Перечень компетенций, на освоение которых направлено изучение дисциплины «Модели и методы теории оптимального управления», 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. Минимизирующая последовательность, максимум и минимум функционала, примеры. Минимизация функций на ограниченном множестве.  2. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов в скалярной и векторной формах; теоретико-функциональные ограничения на векторы состояния и управления.  3. Состояние, управление, параметр процесса (время); содержательные и формальные отличия между векторами состояния и управления для непрерывных и многошаговых процессов.  4. Теорема В.Ф.Кротова о достаточных условиях оптимальности для непрерывных процессов и ее обобщение.  5. Теорема В.Ф.Кротова о достаточных условиях оптимальности для управляемых многошаговых процессов.  6. Принцип оптимальности В.Ф.Кротова.  7. Структура оптимального решения для задач, линейных по управлению, с ограничениями на управление.  8. Магистральный режим развития и его свойства. | | | | | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx |  |  | стр. 10 |
| 9. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера-Лагранжа.  10. Задача Эйлера с постоянной, линейной, выпуклой и невыпуклой по управлению индикатрисой.  11. Скользящие режимы в задачах оптимального управления.  12. Взаимосвязь классического вариационного исчисления и теории оптимального управления.  13. Принцип максимума Л.С.Понтрягина; роль основной и сопряженной системы в уравнениях принципа максимума.  14. Алгоритм решения задачи оптимального управления с помощью принципа максимума; каноническая форма системы уравнений принципа максимума.  15. Методы решения краевой задачи принципа максимума.  16. Условия трансверсальности принципа максимума.  17. Роль задачи Эйлера в теории оптимального управления. Вывод уравнения Беллмана для дискретных систем.  18. Постановка задачи оптимального управления для многошагового процесса управления; условия оптимальности для многошаговых процессов управления с неограниченным управлением;  19. Условия оптимальности для многошаговых процессов управления с ограниченным управлением.  20. Управление в форме программы и синтеза; вывод уравнения Беллмана для непрерывных систем. Сравнительные характеристики методов Лагранжа-Понтрягина и Гамильтона-Якоби- Беллмана. | | | |
| **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. | |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся | | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду организации. | |
| 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. | |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx | | |  | стр. 11 |
|  |  |  |  |  |
| **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. |  | Болдырев Ю. Я. Вариационное исчисление и методы оптимизации [Электронный ресурс]:Учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 240 с – Режим доступа: https://urait.ru/bcode/453455 | | |
| 2. |  | Толпегин О. А. Математическое программирование. Вариационное исчисление [Электронный ресурс]:Учебное пособие для вузов. - Москва: Юрайт, 2020. - 233 с – Режим доступа: https://urait.ru/bcode/446093 | | |
| 3. |  | Абдрахманов В. Г., Рабчук А. В. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс]:. - Санкт- Петербург: Лань, 2021. - 112 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/168644 | | |
| 4. |  | Дзержинский Р. И., Пронина Е. Н., Джинчвелашвили Г. А. Прикладная теория оптимального управления:учебное пособие. - М.: Физматкнига, 2021. - 204 с. | | |
|  |  |  |  |  |
| **6.3.2. Дополнительная литература** | | | | |
| 1. |  | Лагоша Б. А., Апалькова Т. Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения:Учеб. пособие для вузов. - М.: Финансы и статистика, 2008. - 220 с. | | |
| 2. |  | Арапова, Болодурина, Иванова, Огурцова, Оренбургский гос. ун- т Теория оптимального управления [Электронный ресурс]:учеб. пособие. - Оренбург: ОГУ, 2016. - 147 – Режим доступа: https://lib.rucont.ru/efd/618310 | | |
|  |  |  |  |  |
| **6.4. РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СОВРЕМЕННЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ** | | | | |
| 1. |  | Естественно-научный образовательный портал http://www.en.edu.ru | | |
| 2. |  | Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru | | |
| 3. |  | Консультант Плюс http:// www.consultant.ru | | |
| 4. |  | 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. | | | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx |  | стр. 12 |
| 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 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: | | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| УП: 01.03.04\_АД\_ИИТ\_2021.plx |  | стр. 13 |
| - 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. | | |