

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

« 31 » 03 2021 г.

Г.Ю. Нагорная



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимальное управление

Уровень образовательной программы бакалавриат

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) общий

Форма обучения очная

Срок освоения ОП 4 года

Институт Прикладной математики и информационных технологий

Кафедра разработчик РПД Экономика и управление

Выпускающая кафедра Математика

Начальник
учебно-методического управления

Семенова Л.У.

Директор института

Тебுவ Д.Б.

Заведующий выпускающей кафедрой

Кочкаров А.М.

г. Черкесск, 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Цели освоения дисциплины | 4 |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы | 4 |
| 3. Планируемые результаты обучения | 5 |
| 4. Структура и содержание дисциплины | 6 |
| 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы | 6 |
| 4.2. Содержание дисциплины | 7 |
| 4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля | 7 |
| 4.2.2. Лекционный курс | 8 |
| 4.2.3. Лабораторный практикум | 11 |
| 4.2.4. Практические занятия | 11 |
| 4.3. Самостоятельная работа обучающегося | 15 |
| 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине | 16 |
| 6. Образовательные технологии | 21 |
| 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | 22 |
| 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы | 22 |
| 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» | 22 |
| 7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение | 22 |
| 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины | 23 |
| 8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий | 23 |
| 8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся | 24 |
| 8.3. Требования к специализированному оборудованию | 24 |
| 9. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья | 24 |
| Приложение 1. Фонд оценочных средств | 25 |
| Приложение 2. Аннотация рабочей программы | 50 |
| Рецензия на рабочую программу | 51 |
| Лист переутверждения рабочей программы дисциплины | 52 |

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Оптимальное управление» являются: формирование у обучающихся четких знаний основных понятий, определений и теоретических результатов функционального анализа; знание основных результатов теории экстремальных задач в произвольных нормированных (банаховых) пространствах; знание необходимых условий экстремума в различных задачах классического вариационного исчисления (КВИ) и оптимального управления (ОУ); умение применять полученные знания для решения конкретных экстремальных задач КВИ и ОУ; умение использовать учебную и учебно-научную литературу для уточнения и осмысления теоретических результатов, приведенных в настоящем курсе; умение использовать учебные пособия для дополнительного изучения методики решения различных видов экстремальных задач КВИ и ОУ.

При этом *задачами* дисциплины являются: выработать навыки самостоятельного теоретического анализа различных видов экстремальных задач КВИ и ОУ, приобретаемые в ходе выполнения контрольных работ и домашних заданий; навыки самостоятельного исследования прикладных задач теории оптимального управления с использованием современных персональных ЭВМ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

2.1. Дисциплина «Оптимальное управление» относится к обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули) и имеет тесную связь с другими дисциплинами.

2.2. В таблице приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

| № п/п | Предшествующие дисциплины | Последующие дисциплины |
|-------|---------------------------|---|
| 1 | Методы оптимизации | Выполнение и защита выпускной квалификационной работы |

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Планируемые результаты освоения образовательной программы (ОП) – компетенции обучающихся определяются требованиями стандарта по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика и формируются в соответствии с матрицей компетенций ОП

| № п/п | Номер/ индекс компетенции | Наименование компетенции (или ее части) | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: |
|-------|---------------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | УК-2 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.1. Осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. УК-2.2. Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности. УК-2.3. Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы | | Всего часов | Семестры |
|--|--------------------------|-------------|----------|
| | | | № 8 |
| | | | часов |
| 1 | | 2 | 3 |
| Аудиторная контактная работа (всего) | | 64 | 64 |
| В том числе: | | | |
| Лекции (Л) | | 26 | 26 |
| Практические занятия (ПЗ) | | 38 | 38 |
| Контактная внеаудиторная работа, в том числе: | | | |
| Индивидуальные и групповые консультации | | 2 | 2 |
| Самостоятельная работа обучающегося (СРО) (всего) | | 51 | 51 |
| <i>Подготовка к занятиям</i> | | 15 | 15 |
| <i>Подготовка к текущему контролю</i> | | 10 | 10 |
| <i>Подготовка к промежуточному контролю</i> | | 11 | 11 |
| <i>Самоподготовка</i> | | 15 | 15 |
| Промежуточная аттестация | экзамен (Э) | Э (27) | Э (27) |
| | <i>Прием экз., час.</i> | 0,5 | 0,5 |
| | <i>Консультация, час</i> | 2 | 2 |
| | <i>СРО, час.</i> | 24,5 | 24,5 |
| | | | |
| ИТОГО: Общая трудоемкость | часов | 144 | 144 |
| | зач. ед. | 4 | 4 |

4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.2.1. Разделы (темы) дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

| № п/ п | Наименование раздела (темы) дисциплины | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу обучающихся (в часах) | | | | | Формы текущей и промежуточной аттестации |
|----------------------------------|--|---|----|-----------|-----------|------------|--|
| | | Л | ЛР | ПЗ | СР О | все го | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Семестр 8 | | | | | | | |
| 1. | Раздел 1. Вводная часть | 2 | | 2 | 10 | 14 | Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование |
| 2. | Раздел II. Основная часть | 24 | | 36 | 41 | 101 | Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование |
| 3. | Контактная внеаудиторная работа | | | | | 2 | индивидуальные и групповые консультации |
| | Промежуточная аттестация | | | | | 27 | Экзамен |
| Итого часов в 8 семестре: | | 26 | | 38 | 51 | 144 | |
| ВСЕГО: | | 26 | | 38 | 51 | 144 | |

4.2.2. Лекционный курс

| Наименование раздела дисциплины | Наименование темы лекции | Содержание лекции | Всего часов |
|----------------------------------|--|--|-------------|
| 2 | 3 | 4 | 5 |
| Семестр 8 | | | |
| Раздел I. Вводная часть | Тема 1. Математическое описание проблемы оптимального управления | Постановка задачи оптимального управления (ОУ) как экстремальной задачи с ограничениями. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем. | 2 |
| Раздел II. Основная часть | Тема 2. Принцип оптимальности Беллмана. Введение в теорию. | Принцип оптимальности Беллмана. Общая формулировка. Различные варианты формулировок принципа оптимальности. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации. Основное содержание метода. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема). Решение задачи на основе метода динамического программирования. Определение (формальное) функции Беллмана данной задачи и ее особенности. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация. Задача оптимального распределения с двумя видами ресурсов. Математическая постановка задачи. Уравнение Беллмана. | 4 |
| | Тема 3. Принцип оптимальности Беллмана. Основная теория. | Задача оптимального управления с дискретным временем. Математическая постановка задачи. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация. Система функциональных уравнений Беллмана как теоретическая ос- | 4 |

| | | | |
|--|--|---|---|
| | | <p>нова алгоритма решения задач. Задача оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования. Особенности уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем.</p> | |
| | <p>Тема 4. Принцип максимума Понтрягина. Общая теория.</p> | <p>Значение принципа максимума в теории оптимального управления. История создания и развития теории ОУ, основанной на принципе максимума. Основная постановка задачи ОУ: задача с интегральным или смешанным интегрально-терминальным функционалом, дифференциальной связью, граничными условиями и ограничением на управление. Принцип максимума в форме Гамильтона. Принцип максимума в форме Лагранжа. Значение двух форм принципа максимума. Эквивалентность двух формулировок принципа максимума. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров.</p> | 4 |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | <p>Тема 5. Принцип максимума Понтрягина. Решение специальных задач.</p> | <p>Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Особенности необходимых условий экстремума, связанные со структурой задачи. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и ограничений исходной задачи. Задача ОУ с дополнительными ограничениями в виде равенств и неравенств, задаваемых смешанными и интегрально-терминальными функционалами (обобщенная задача ОУ). Анализ полученной системы необходимых условий. Принцип максимума, как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Понятие функции Кротова. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова. Принцип максимума и результаты теории КВИ. Общая теоретическая идея о связи необходимых условий в задачах ОУ (условия, входящие в принцип максимума) и необходимых условий в задачах КВИ.</p> | 4 |
| | <p>Тема 6. Принцип оптимальности Беллмана. Дополнительные главы.</p> | <p>Задачи оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования. Доказательство основных результатов. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. Уравнение Беллмана как дифференциальное уравнение с частными производными и наличием операции взятия экстремума.</p> | 4 |

| | | | |
|----------------------------|---|--|---|
| | Тема 7. Принцип максимума Понтрягина. Дополнительные главы. | Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, фиксированным левым и свободным правым концами траектории. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума. Доказательство основной теоремы. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование). Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных. Представление простейшей задачи КВИ в виде задачи ОУ. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи. | 4 |
| Итого в 8 семестре: | | 26 | |
| Всего: | | 26 | |

4.2.3. Лабораторный практикум – учебным планом не предусмотрен

4.2.4. Практические занятия

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Наименование темы практического занятия | Содержание практического занятия | Всего часов |
|------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Семестр 8 | | | | |

| | | | | |
|----|----------------------------------|--|--|---|
| 1. | Раздел I. Вводная часть | Тема 1. Математическое описание проблемы оптимального управления | Постановка задачи оптимального управления (ОУ) как экстремальной задачи с ограничениями. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем. | 2 |
| 2. | Раздел II. Основная часть | Тема 2. Принцип оптимальности Беллмана. Введение в теорию. | Принцип оптимальности Беллмана. Общая формулировка. Различные варианты формулировок принципа оптимальности. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации. Основное содержание метода. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема). Решение задачи на основе метода динамического программирования. Определение (формальное) функции Беллмана данной задачи и ее особенности. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация. Задача оптимального распределения двумя видами ресурсов. Математическая постановка задачи. Уравнение Беллмана. | 6 |
| | | Тема 3. Принцип оптимальности Беллмана. Основная теория. | Задача оптимального управления с дискретным временем. Математическая постановка задачи. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация. Система функциональных уравнений Беллмана как теоретическая основа алгоритма решения задач. Задача оптимального управления с непрерывным временем. Метод | 6 |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | динамического программирования. Особенности уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. | |
| | | Тема 4. Принцип максимума Понтрягина. Общая теория. | Значение принципа максимума в теории оптимального управления. История создания и развития теории ОУ, основанной на принципе максимума. Основная постановка задачи ОУ: задача с интегральным или смешанным интегрально-терминальным функционалом, дифференциальной связью, граничными условиями и ограничением на управление. Принцип максимума в форме Гамильтона. Принцип максимума в форме Лагранжа. Значение двух форм принципа максимума. Эквивалентность двух формулировок принципа максимума. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров. | 6 |
| | | Тема 5. Принцип максимума Понтрягина. Решение специальных задач. | Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленными левым и свободным правым концами траектории. Особенности необходимых условий экстремума, связанные со структурой задачи. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и | 6 |

| | | | | |
|--|--|--|---|----------|
| | | | <p>ограничений исходной задачи. Задача ОУ с дополнительными ограничениями в виде равенств и неравенств, задаваемых смешанными интегрально-терминальными функционалами (обобщенная задача ОУ). Анализ полученной системы необходимых условий. Принцип максимума, как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Понятие функции Кротова. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова. Принцип максимума и результаты теории КВИ. Общая теоретическая идея о связи необходимых условий в задачах ОУ (условия, входящие в принцип максимума) и необходимых условий в задачах КВИ.</p> | |
| | | <p>Тема 6. Принцип оптимальности Беллмана. Дополнительные главы.</p> | <p>Задачи оптимального управления непрерывным временем. Метод динамического программирования. Доказательство основных результатов. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. Уравнение Беллмана как дифференциальное уравнение с частными производными и наличием операции взятия экстремума.</p> | <p>6</p> |

| | | | | |
|----------------------------|--|--|--|---|
| | | 7. Принцип максимума Понтрягина. Дополнительные главы. | Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, фиксированным левым и свободным правым концами траектории. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума. Доказательство основной теоремы. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование). Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных. Представление простейшей задачи КВИ в виде задачи ОУ. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи. | 6 |
| Итого в 8 семестре: | | | 38 | |
| Всего часов: | | | 38 | |

4.3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

| № п/п | Наименование раздела (темы) дисциплины | № п/п | Виды СРО | Всего часов |
|------------------|--|-------|---|-------------|
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Семестр 5 | | | | |
| 1. | Раздел 1. Вводная часть | 1 | Подготовка к занятиям, самоподготовка - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. | 10 |
| 2. | Раздел II. Основная часть | 2 | Подготовка к занятиям, самоподготовка - включает чтение конспекта лекций, профессиональной литературы, периодических изданий. | 41 |
| | | 3 | | |
| | | 4 | | |
| | | 5 | Подготовка к устному опросу по всем | |

| | | | | |
|----------------------------------|--|---|--|----|
| | | 6 | вопросам раздела. Подготовка к тестированию. | |
| | | 7 | | |
| Итого часов в 8 семестре: | | | | 51 |
| Всего часов: | | | | 51 |

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Методические указания для подготовки к лекционным занятиям

Лекция – это систематическое, последовательное, монологическое устное изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера. Как одна из организационных форм обучения и один из методов обучения лекция традиционна для высшей школы, где на ее основе формируются курсы по многим предметам учебного плана.

Лекция является ведущей формой организации учебного процесса в высшем учебном заведении. Основными организационными вопросами при этом являются, во-первых, подготовка к восприятию лекции, и, во-вторых, как записывать лекционный материал.

Особое значение лекции состоит в том, что знакомит обучающихся с наукой, расширяет, углубляет и совершенствует ранее полученные знания, формирует научное мировоззрение, учит методике и технике лекционной работы. Кроме того, на лекции мобилизуется внимание, вырабатываются навыки слушания, восприятия, осмысления и записывания информации. Все это призвано воспитывать логическое мышление студента и закладывает основы научного исследования.

Лекционное занятие преследует 5 основных дидактических целей:

- Информационную (сообщение новых знаний);
- Развивающую (систематизацию и обобщение накопленных знаний);
- Воспитывающую (формирование взглядов, убеждений, мировоззрения);
- Стимулирующую (развитие познавательных и профессиональных интересов);
- Координирующую с другими видами занятий

Каждой лекции отводится конкретное место в системе учебных занятий по курсу, а работа с лекционным материалом является одной из форм самостоятельной внеаудиторной работы обучающихся. В зависимости от дидактических целей выделяют на несколько типов лекций, которые различаются по строению, приемам изложения материала, характеру обобщений и выводов.

Современная лекция должна отвечать целому ряду требований. Лекция должна:

- быть актуальной (тема должна соответствовать требованиям учебной программы и целям обучения);
- иметь социально-экономическую и профессиональную направленность;
- быть конструктивной (иметь тесную связь с практикой, с будущим профилем);
- быть научной (содержать новейшую информацию по рассматриваемой теме, учитывать отечественный и зарубежный опыт, соответствовать регламентирующим документам);
- развивать умение анализировать, критически относиться к тем или иным научным фактам, методам, оценивать их с различных позиций;
- стимулировать развитие творческих способностей;
- отвечать требованиям государственного стандарта

Логико-педагогическая структура лекции.

Отдельные части лекции тщательно планируются и, как правило, состоят из 3 частей:

1 часть –вводная или вступление. Называется тема, формулируются цели, задачи, дается краткая характеристика проблемы, перечисляется литература, устанавливается

связь с предыдущими занятиями, другими дисциплинами и практической деятельностью. Нередко тут же дается план лекции.

2 часть – основная или изложение материала лекции. Логически последовательно и конкретно разбираются факты, приводится нужная информация, анализируется сложившийся опыт, дается, где нужно, историческая справка, дается оценка сложившейся практике и научным исследованиям, раскрываются перспективы развития. В основной части последовательность изложения может быть двоякой. При использовании индуктивного метода (от частного к общему) преподаватель начинает лекцию с рассказа, наблюдения, а затем вскрывает причинно-следственную связь и приводит студентов к правильным выводам. При использовании дедуктивного метода (от общего к частному), сначала дается общее положение, а затем оно всесторонне обосновывается.

3 часть – заключение. Лаконично, доходчиво обобщается самое существенное, формулируются основные выводы, показывается применение изученных теоретических положений на практике, перспективы развития вопроса, даются указания к дальнейшей самостоятельной работе, методические советы, ответы на вопросы студентов.

Для повышения эффективности лекций важно выявить их типологию, особенности структуры, этапы подготовки и методику чтения каждого типа.

Виды лекций:

1. Водная лекция имеет ряд особенностей. Во-первых, этот тип лекции не предполагает рассмотрение всех вопросов, касающихся данной темы. Преподаватель отбирает основные моменты, которые позволят студенту лучше усвоить материал. Вторая особенность вводной лекции – проблемное раскрытие темы. Этим достигается необходимая глубина рассмотрения основных вопросов и целенаправленное внимание студентов при слушании лекции, формирование у них проблемного мышления. Цель вводной лекции – «ввести» в научную дисциплину, помогает понять ее предмет, методология и т.д.

2. Обзорная лекция носит характер повествования, которое сочетается с анализом и обобщениями. Главным в обзорной лекции является отбор и группировка материала с тем, чтобы подготовить студента к восприятию закономерностей, освещаемых в данной лекции.

3. Задача обобщающей лекции состоит в систематизации и обобщении широкого круга знаний, полученных студентами в процессе изучения конкретной темы. В данном случае преподаватель имеет возможность ссылаться на известные студентам факты и события и раскрывать соответствующие закономерности. Основное требование к обобщающей лекции, как и к обзорной, – проблемность ее содержания. Проблемы, рассматриваемые в данном типе лекции, являются ее логической основой.

Выделяют и другие формы лекций: лекция-беседа («диалог с аудиторией»), лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция.

Важным критерием в работе с лекционным материалом является подготовка обучающихся к сознательному восприятию преподаваемого материала. При подготовке обучающихся к лекции необходимо, во-первых, психологически настроиться на эту работу, осознать необходимость ее систематического выполнения. Во-вторых, необходимо выполнение познавательно-практической деятельности накануне лекции (просматривание записей предыдущей лекции для восстановления в памяти ранее изученного материала; ознакомление с заданиями для самостоятельной работы, включенными в программу, подбор литературы).

Подготовка к лекции мобилизует обучающихся на творческую работу, главными в которой являются умения слушать, воспринимать, записывать. Лекция – это один из видов устной речи, когда студент должен воспринимать на слух излагаемый материал. Внимательно слушающий обучающийся напряженно работает – анализирует излагаемый материал, выделяет главное, обобщает с ранее полученной информацией и кратко записывает. Записывание лекции – творческий процесс. Запись лекции крайне важна. Это позволяет надолго сохранить основные положения лекции; способствует

поддержанию внимания; способствует лучшему запоминанию материала.

Для эффективной работы с лекционным материалом необходимо зафиксировать название темы, план лекции и рекомендованную литературу. После этого приступить к записи содержания лекции. В оформлении конспекта лекции важным моментом является необходимость оставлять поля, которые потребуются для последующей работы над лекционным материалом. Завершающим этапом самостоятельной работы над лекцией является обработка, закрепление и углубление знаний по теме. Необходимо обращаться к лекциям неоднократно. Первый просмотр записей желательно сделать в тот же день, когда все свежо в памяти. Конспект нужно прочитать, заполнить пропуски, расшифровать некоторые сокращения. Затем надо ознакомиться с материалом темы по учебнику, внести нужные уточнения и дополнения в лекционный материал.

5.2. Методические указания для подготовки обучающихся к лабораторным занятиям

– не предусмотрены

5.3. Методические указания для подготовки обучающихся к практическим занятиям

Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к практическому занятию каждый обучающийся должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений обучающемуся необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме семинара и по возможности подготовить по нему презентацию.

Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Структура практического занятия

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы семинарское занятие может состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Доклад и/ или выступление с презентациями по проблеме семинара.
3. Обсуждение выступлений по теме - дискуссия.
4. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания, выполненного дома, если это предусмотрено программой.
5. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов – проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний обучающихся. Примерная продолжительность – до 15 минут. Вторая часть – выступление обучающихся с докладами, которые должны сопровождаться презентациями с целью усиления наглядности восприятия, по одному из вопросов семинарского занятия. Обязательный элемент доклада – представление и анализ статистических данных, обоснование социальных последствий любого

экономического факта, явления или процесса. Примерная продолжительность – 20-25 минут.

После докладов следует их обсуждение – дискуссия. В ходе этого этапа семинарского занятия могут быть заданы уточняющие вопросы к докладчикам. Примерная продолжительность – до 15-20 минут. Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателем определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Если практическое задание должно было быть выполнено дома, то на семинарском занятии преподаватель проверяет его выполнение (устно или письменно). Примерная продолжительность – 15-20 минут. Подведением итогов заканчивается семинарское занятие. Обучающимся должны быть объявлены оценки за работу и даны их четкие обоснования. Примерная продолжительность – 5 минут.

Вопросы для самостоятельной подготовки к практическим занятиям:

1. Модели, получаемые из фундаментальных законов природы.
2. Классификация методов исследования.
3. Устойчивость динамических систем.
4. Устойчивость периодических решений.
5. Орбитальная устойчивость.
6. Фазовые портреты консервативных систем.
7. Элементарная теория возмущений, регулярные и сингулярные возмущения.
8. Интервальные многообразия и построение упрощенных моделей.
9. Декомпозиция линейных систем с быстрыми и медленными переменными.
10. Декомпозиция нелинейных сингулярно возмущенных дифференциальных систем.
11. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
12. Численное дифференцирование и интегрирование.
13. Вычислительные методы линейной алгебры.
14. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
15. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов.
16. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др.
17. Численные методы вейвлет-анализа.
18. Представление о языках программирования высокого уровня.

5.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Работа с литературными источниками и интернет ресурсами

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

Подготовка презентации и доклада

Презентация, согласно толковому словарю русского языка Д.Н. Ушакова: «... способ подачи информации, в котором присутствуют рисунки, фотографии, анимация и

звук». Для подготовки презентации рекомендуется использовать: Power Point, MS Word, Acrobat Reader, LaTeX -овский пакет beamer. Самая простая программа для создания презентаций – Microsoft Power Point. Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию.

Последовательность подготовки презентации:

1. Четко сформулировать цель презентации: вы хотите свою аудиторию мотивировать, убедить, заразить какой-то идеей или просто формально отчитаться.
2. Определить каков будет формат презентации: живое выступление (тогда, сколько будет его продолжительность) или электронная рассылка (каков будет контекст презентации).
3. Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку представления.
4. Определить ключевые моменты в содержании текста и выделить их.
5. Определить виды визуализации (картинки) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой материала.
6. Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер).
7. Проверить визуальное восприятие презентации.

К видам визуализации относятся иллюстрации, образы, диаграммы, таблицы. Иллюстрация – представление реально существующего зрительного ряда. Образы – в отличие от иллюстраций – метафора. Их назначение – вызвать эмоцию и создать отношение к ней, воздействовать на аудиторию. С помощью хорошо продуманных и представляемых образов, информация может надолго остаться в памяти человека. Диаграмма – визуализация количественных и качественных связей. Их используют для убедительной демонстрации данных, для пространственного мышления в дополнение к логическому. Таблица – конкретный, наглядный и точный показ данных. Ее основное назначение – структурировать информацию, что порой облегчает восприятие данных аудиторией.

Практические советы по подготовке презентации готовьте отдельно:

- печатный текст + слайды + раздаточный материал;
- слайды – визуальная подача информации, которая должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто;
- текстовое содержание презентации – устная речь или чтение, которая должна включать аргументы, факты, доказательства и эмоции;
- рекомендуемое число слайдов 17-22;
- обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего; план сообщения; краткие выводы из всего сказанного; список использованных источников;
- раздаточный материал – должен обеспечивать ту же глубину и охват, что и живое выступление: люди больше доверяют тому, что они могут унести с собой, чем исчезающим изображениям, слова и слайды забываются, а раздаточный материал остается постоянным осязаемым напоминанием; раздаточный материал важно раздавать в конце презентации; раздаточный материалы должны отличаться от слайдов, должны быть более информативными.

Тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме учебного занятия. Материалы при его подготовке, должны соответствовать научно-методическим требованиям вуза и быть указаны в докладе. Необходимо соблюдать регламент, оговоренный при получении задания. Иллюстрации должны быть достаточными, но не чрезмерными.

Работа обучающихся над докладом-презентацией включает отработку умения самостоятельно обобщать материал и делать выводы в заключении, умения ориентироваться в материале и отвечать на дополнительные вопросы слушателей, отработку навыков ораторства, умения проводить диспут.

Докладчики должны знать и уметь: сообщать новую информацию; использовать

технические средства; хорошо ориентироваться в теме всего семинарского занятия; дискутировать и быстро отвечать на заданные вопросы; четко выполнять установленный регламент (не более 10 минут); иметь представление о композиционной структуре доклада и др.

Структура выступления

Выступление помогает обеспечить успех выступления по любой тематике. Выступление должно содержать: название, сообщение основной идеи, современную оценку предмета изложения, краткое перечисление рассматриваемых вопросов, живую интересную форму изложения, акцентирование внимания на важных моментах, оригинальность подхода.

Основная часть, в которой выступающий должен глубоко раскрыть суть затронутой темы, обычно строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно данных для того, чтобы слушатели заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы, которых всегда ждут слушатели.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| № п/п | Виды работы | Образовательные технологии | Всего часов |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Семестр 8 | | | |
| 1. | Лекция «Математическое описание проблемы оптимального управления» | <i>проблемная лекция</i> | 2 |
| 2. | Практическое занятие «Принцип оптимальности Беллмана. Введение в теорию» | <i>деловая игра</i> | 2 |
| 3. | Практическое занятие «Принцип максимума Понтрягина. Общая теория» | <i>решение ситуационных задач</i> | 2 |
| 4. | Практическое занятие «Принцип максимума Понтрягина. Дополнительные главы» | <i>Дебаты</i> | 2 |
| Итого часов в 8 семестре: | | | 8 |
| Всего часов: | | | 8 |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Список основной литературы

1. Заозерская, Л. А. Методы оптимальных решений : практикум / Л. А. Заозерская, А. А. Романова. — Омск: Омская юридическая академия, 2015. — 50 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/49655.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Теория оптимального управления: учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. — Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 147 с. — ISBN 978-5-7410-1505-6. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/69954.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Оптимальное управление в технических системах. Практикум: учебное пособие / Е. А. Балашова, Ю. П. Барметов, В. К. Битюков, Е. А. Хромых; под редакцией В. К. Битюков. — Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 288 с. — ISBN 978-5-00032-307-6. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74014.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Минько, Э. В. Оптимальное управление коммерческими проектами: учебное пособие / Э. В. Минько, А. Э. Минько. — Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2017. — 976 с. — ISBN 978-5-4486-0326-6. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74227> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/74227>

Список дополнительной литературы

1. Оптимальное управление в технических системах. Практикум : учебное пособие / Е.А. Балашова [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 288 с. — ISBN 978-5-00032-307-6. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74014.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
- Плешивцева Ю.Э. Моделирование и оптимальное управление объектами с распределенными параметрами : учебное пособие / Плешивцева Ю.Э., Афиногентов А.А.. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 100 с. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/90634.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» ООО «Ай Пи Эр Медиа».

7.3. Информационные технологии, лицензионное программное обеспечение

| Лицензионное программное обеспечение | Реквизиты лицензий/ договоров |
|---|---|
| Microsoft Azure Dev Tools for Teaching 1. Windows 7, 8, 8.1, 10 2. Visual Studio 2008, 2010, 2013, 2019 5. Visio 2007, 2010, 2013 6. Project 2008, 2010, 2013 7. Access 2007, 2010, 2013 и т. д. | Идентификатор подписчика: 1203743421 Срок действия: 30.06.2022 (продление подписки) |
| MS Office 2003, 2007, 2010, 2013 | Сведения об Open Office: 63143487, 63321452, 64026734, 6416302, 64344172, 64394739, 64468661, 64489816, 64537893, 64563149, 64990070, 65615073 Лицензия бессрочная |
| Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite | Лицензионный сертификат Серийный № 8DVG-V96F-H8S7-NRBC Срок действия: с 20.10.2022 до 22.10.2023 |
| Консультант Плюс | Договор № 272-186/С-23-01 от 20.12.2022 г. |
| ЭБС IPR SMART | Лицензионный договор № 9368/22П от 11.06.2022 г. Срок действия: с 01.07.2022 до 01.07.2023 |

Свободное программное обеспечение: 7-Zip

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

Специализированная мебель:

Кафедра настольная – 1 шт., доска меловая – 1 шт., стулья – 65 шт., парты – 34 шт.

Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории:

Экран на штативе – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

Ноутбук – 1 шт.

2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Специализированная мебель:

Стол преподавательский – 1 шт., стул мягкий – 1 шт., доска меловая – 1 шт., парты – 10 шт., компьютерные столы – 11 шт., стулья – 21 шт.,

Лабораторное оборудование, технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории:

Персональный компьютер – 11 шт.

Экран рулонный настенный – 1 шт.

Проектор – 1 шт.

3. Помещение для самостоятельной работы. Библиотечно-издательский центр.

Отдел обслуживания печатными изданиями. Специализированная мебель: Рабочие столы на 1 место – 21 шт. Стулья – 55 шт. Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации: экран настенный – 1 шт. Проектор – 1 шт. Ноутбук – 1 шт.

Информационно-библиографический отдел. Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место - 6 шт. Стулья - 6 шт.

Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ФГБОУ ВО «СевКавГА»:

Персональный компьютер – 1 шт. Сканер – 1 шт. МФУ – 1 шт. Отдел обслуживания электронными изданиями Специализированная мебель:

Рабочие столы на 1 место – 24 шт. Стулья – 24 шт.

Набор демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, обеспечивающих тематические иллюстрации:

Интерактивная система - 1 шт. Монитор – 21 шт. Сетевой терминал – 18 шт.

Персональный компьютер – 3 шт. МФУ – 2 шт. Принтер – 1 шт.

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Специализированная мебель: Шкаф – 1 шт., стул – 2 шт., кресло компьютерное – 2 шт., стол угловой компьютерный – 2 шт., тумбочки с ключом – 2 шт. Учебное пособие (персональный компьютер в комплекте) – 2 шт.

8.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся

1. Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.
2. Рабочие места обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

8.3. Требования к специализированному оборудованию нет

9. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для обеспечения образования инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается (в случае необходимости) адаптированная образовательная программа, индивидуальный учебный план с учетом особенностей их психофизического развития и состояния здоровья, в частности применяется индивидуальный подход к освоению дисциплины, индивидуальные задания: рефераты, письменные работы и, наоборот, только устные ответы и диалоги, индивидуальные консультации, использование диктофона и других записывающих средств для воспроизведения лекционного и семинарского материала.

В целях обеспечения обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья комплектуется фонд основной учебной литературой, адаптированной к ограничению электронных образовательных ресурсов, доступ к которым организован в БИЦ Академии. В библиотеке проводятся индивидуальные консультации для данной категории пользователей, оказывается помощь в регистрации и использовании сетевых и локальных электронных образовательных ресурсов, предоставляются места в читальном зале.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Оптимальное управление

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Оптимальное управление»

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Индекс | Формулировка компетенции |
|--------|--|
| УК-1 | Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений |

2. Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины

Основными этапами формирования указанных компетенций при изучении обучающимися дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Изучение каждого раздела (темы) предполагает овладение обучающимися необходимыми компетенциями. Результат аттестации обучающихся на различных этапах формирования компетенций показывает уровень освоения компетенций обучающимися.

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

| Разделы (темы) дисциплины | Формируемые компетенции (коды) |
|---------------------------|--------------------------------|
| | УК-1 |
| Раздел I. Водная часть | + |
| Раздел II. Основная часть | + |

1. Показатели, критерии и средства оценивания компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

УК-1 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

| Индикаторы достижения компетенции | Критерии оценивания результатов обучения | | | | Средства оценивания результатов обучения | |
|--|--|--|---|---|---|------------------------|
| | Неудовлетв. | Удовлетв. | Хорошо | Отлично | текущий контроль | промежуточный контроль |
| УК-2.1. Осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. | Допускает существенные ошибки при поиске оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. | Показывает частичные знания, полученные при поиске оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. | Демонстрирует знания, полученные при осуществлении поиска оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. | Раскрывает полные знания, полученные при осуществлении поиска оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. | Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование | Экзамен |
| УК-2.2. Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности. | Не умеет и не готов самостоятельно реализовывать оптимизационный подход при решении задач различной | Слабо ориентируется в реализации оптимизационного подхода при решении задач различной | Знает способы реализации оптимизационного подхода при решении задач различной направленности. | Готов и умеет реализовывать оптимизационный подход при решении задач различной направленности. | Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование | Экзамен |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|---------|
| | направленности. | направленности. | | | | |
| УК-2.3. Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач. | Не использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач. | Владеет частично исследовательскими технологиями, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач. | Владеет хорошей базой в исследовательских технологиях, методах компьютерного моделирования в решении проблемных задач. | Владеет фундаментальными знаниями, полученными в исследовательских технологиях, методах компьютерного моделирования в решении проблемных задач. | Коллоквиум, контрольные вопросы, тестирование | Экзамен |

4. Комплект контрольно-оценочных средств по дисциплине

Вопросы к экзамену по дисциплине «Оптимальное управление»

1. Постановка задачи оптимального управления (ОУ) как экстремальной задачи с ограничениями. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами.
2. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем.
3. Принцип оптимальности Беллмана. Общая формулировка. Различные варианты формулировок принципа оптимальности.
4. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации. Основное содержание метода.
5. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема). Решение задачи на основе метода динамического программирования.
6. Определение (формальное) функции Беллмана данной задачи и ее особенности.
7. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация.
8. Задача оптимального распределения с двумя видами ресурсов. Математическая постановка задачи. Уравнение Беллмана.
9. Задача оптимального управления с дискретным временем. Математическая постановка задачи.
10. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования.
11. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности.
12. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация.
13. Система функциональных уравнений Беллмана как теоретическая основа алгоритма решения задач.
14. Задача оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования.
15. Особенности уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем.
16. Значение принципа максимума в теории оптимального управления. История создания и развития теории ОУ, основанной на принципе максимума.
17. Основная постановка задачи ОУ: задача с интегральным или смешанным интегрально-терминальным функционалом, дифференциальной связью, граничными условиями и ограничением на управление.
18. Принцип максимума в форме Гамильтона. Принцип максимума в форме Лагранжа.
19. Значение двух форм принципа максимума. Эквивалентность двух формулировок принципа максимума. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа.
20. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи.
21. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров.
22. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Особенности необходимых условий экстремума, связанные со структурой задачи.
23. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума.
24. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и ограничений исходной задачи.

25. Задача ОУ с дополнительными ограничениями в виде равенств и неравенств, задаваемых смешанными интегрально-терминальными функционалами (обобщенная задача ОУ). Анализ полученной системы необходимых условий.
26. Принцип максимума, как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.
27. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Понятие функции Кротова. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова.
28. Принцип максимума и результаты теории КВИ.
29. Общая теоретическая идея о связи необходимых условий в задачах ОУ (условия, входящие в принцип максимума) и необходимых условий в задачах КВИ.
30. Задачи оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования. Доказательство основных результатов.
31. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. Уравнение Беллмана как дифференциальное уравнение с частными производными и наличием операции взятия экстремума.
32. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, фиксированным левым и свободным правым концами траектории.
33. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума. Доказательство основной теоремы. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование).
34. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории.
35. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.
36. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных.
37. Представление простейшей задачи КВИ в виде задачи ОУ. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума.
38. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи.

Комплект тестовых заданий

по дисциплине «Оптимальное управление»

1 Общая задача оптимального управления.

- А. Оптимизация управления динамическими системами и процессами.
- Б. Управление информационными системами.
- В. Оптимизация разработки компьютерных программ.
- Г. Анализ устойчивости систем автоматического управления.

2 Формулировка проблемы оптимального управления.

- А. Разработка математических моделей динамических систем.
- Б. Анализ устойчивости систем автоматического управления.
- В. Оптимизация разработки компьютерных программ.
- Г. Содержит критерий оптимальности (функционал), математическую модель процесса управления и ограничения на эволюцию траектории системы и ресурсы управления.

3 Основные математические методы теории оптимальных процессов.

- А. Линейная алгебра.
- Б. Операционное исчисление
- В. Принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование Беллмана, математическое программирование.
- Г. Преобразование Фурье.

4 Необходимые условия оптимальности управления.

- А. Условия существования оптимального решения.
- Б. Условия, которых достаточно для определения оптимального решения.
- В. Условия определения оптимального решения.
- Г. Условия, при которых определяется определенная множество решений, яки могут содержать оптимальное.

5 Достаточно условия оптимальности управления.

- А. Условия существования решения проблемы оптимизации.
- Б. Условия существования локального экстремума функционала.
<ли>В. Условия, яки определяют глобальный экстремум качества функционирования системы (процесса) управления.- Г. Условия, которые обеспечивают нахождения допустимого управления.

6 Существование оптимального управления.

- А. Оптимальное решение всегда существует, но не является единственным.
- Б. Оптимальное решение существует не всегда.
- В. Оптимальное решение всегда существует и является единственным.
- Г. Оптимальное решение всегда существует.

7 Задача использования методов оптимального управления в теории автоматического управления динамическими системами.

- А. Анализ управляемости систем автоматического управления.
- Б. Анализ устойчивости систем автоматического управления.
- В. Анализ точности систем автоматического управления.
- Г. Построение оптимального закона управления системами автоматического управления. +

8 Разомкнутые системы управления

- А. Системы управления с обратной связью.
- Б. Системы программного управления.
- В. Любой яки оптимальные системы.
- Г. Любой яки неоптимальные системы.

9 Сомкнутые системы управления

- А. Любой яки системы управления
- Б. Системы с программным управлением
- В. Нелинейные системы управления
- Г. Системы с обратной связью

10 Стохастические системы управления.

- А. Системы управления, параметры или сигналы в которых есть случайными.
- Б. Линейные системы.
- В. Оптимальные системы.
- Г. Нелинейные системы.

11 Математическая модель линейной динамической системы управления.

- А. $dx / dt = Ax + Bu$.
- Б. $dx / dt = f(x, u, t)$.
- В. $dx / dt = f(x, u, t)$.
- Г. $dx / dt = xTx + uTu$.

12 Математическая модель нелинейной динамической системы управления.

- А. $dx / dt = f(x, u, t)$.
- Б. $dx / dt = Ax(t) + Bu(t)$.
- В. $dx / dt = Ax(t) + Bu(t) + W(t)$.
- Г. $dx / dt = A(t)x(t) + B(t)u(t)$.

13 Стационарная система.

- А. Система, параметры которой зависят от времени
- Б. Система, параметры которой не зависят от времени
- В. Любая линейная система.
- Г. Любая нелинейная система.

14 Нестационарная система.

- А. Система, параметры которой зависят от времени
- Б. Система, параметры которой не зависят от времени
- В. Любая линейная система.
- Г. Любая нелинейная система.

15 Цифровые системы управления.

- А. Системы программного управления.
- Б. Сомкнутые системы управления.
- В. Аналоговые системы управления.
- Г. Системы управления с цифровым регулятором

16. Математична модель объекта управления.

- А. Математическое описание реального объекта, адекватной задачи, которая анализируется.+
- Б. Вес объекта.
- В. Габариты объекта.

Г. Драгоценность объекта

17. Метод пространства состояния.

А. Метод, в котором математическая модель дана в виде системы дифференциальных уравнений первого порядка (в форме Коши) .

Б. Метод, в котором математическая модель дана в виде дифференциального уравнения n -го порядка.

В. Метод исследования устойчивости динамических систем.

Г. Метод анализа переходного процесса системы управления.

18. Траектория движения системы.

А. Ускорение объекта.

Б. Эволюция координат, яки характеризуют вектор состояния системы.

В. Скорость объекта.

Г. Вектор состояния системы в текущий момент.

19. Допустима траектория движения системы

А. Траектория, параметры движения которой находятся в допустимой области в любой момент.

Б. Любая траектория.

В. Только оптимальная траектория.

Г. Любая оптимальная траектория.

20. Оптимальна траектория системы управления.

А. Допустимая траектория, которая соответствует оптимальному закона управления

Б. Любая траектория.

В. Любая допустимая траектория.

Г. Траектория при терминальном управлении

21. Закон управления.

А. Траектория движения системы.

Б. Функция управления, аргументом которой является время или вектор состояния системы.+

В. Любая функция управления системой

Г. Допустимая траектория движения системы.

22. Допустимое управления.

А. Закон управления, на интервале управления соответствует заданным ограничением.+

Б. Любое управление.

В. Только оптимальное управление.

Г. Только программное управление.

23. Оптимальный закон управления.

А. Любое управления.

Б. Только программное управление.

В. Допустимый закон управления, которому соответствует оптимальный показатель качества.

Г. Любое допустимое управление.

24. Оптимальна программа управления.

А. Оптимальной закон управления разомкнутой системе, который соответствует фиксированному начальном вектора состояния системы и является функцией времени.

Б. Закон, который учитывает текущее состояние системы.

В. Оптимальный закон управления сомкнутой системой.

Г. Любая допустимая программа управления.

24. Определите максимум целевой функции $3X_1+4X_2 \rightarrow \max$ при следующей системе ограничений: $-1 \leq -X_1+X_2 \leq 1$ $X_1+X_2 \geq -1$ $-X_1+2X_2 \leq 2$ $2X_1-X_2 \leq 2$ $X_1 \geq 0$ $X_2 \geq 0$

Ответ: _____

25. Если оптимизационная задача решается симплекс методом, число ограничений в задаче равно 5 (не учитывая, условия неотрицательности переменных), а число основных переменных 4. Количество базисных переменных равно: Выберите один ответ:

27. По представленной последней симплексной таблице при решении задачи на максимум определите какую переменную следует вывести из базиса:

| i | B _x | b _x | Осн. Пер. | | Доп. Пер. | | | |
|---|----------------|----------------|-----------|-----|-----------|-----|----|----|
| | | | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
| 1 | X1 | 6 | 4 | 2 | 11 | 7 | 0 | 1 |
| 2 | X5 | 1 | 0 | 0 | -2/5 | 1/5 | 1 | 0 |
| 3 | X2 | 4 | 4/5 | 2 | 5/6 | 4/5 | 0 | 0 |
| 4 | X6 | 3 | 7 | 1/5 | 7/8 | 1 | 0 | 0 |
| C | | 24 | 1 | 6 | -4 | -3 | 0 | 2 |

Ответ _____

28. Для изготовления двух видов продукции используются три вида сырья. При производстве единицы продукции первого вида затрачивается 10 кг сырья первого вида, 4 кг сырья второго вида и 2 кг сырья третьего вида. При производстве единицы продукции второго вида затрачивается 2 кг сырья первого вида, 5 кг сырья второго вида и 12 кг сырья третьего вида. Запасы сырья первого вида составляют 150 кг, второго — 80 кг, третьего — 200 кг. Прибыль от реализации единицы продукции первого вида составляет 25 руб., от реализации единицы продукции второго вида — 40 руб. Определите план производства продукции, приносящий максимальную прибыль. Укажите, согласно найденному плану, объем недоиспользованного сырья первого вида.

Ответ: _____

29. Как называется точка, если функция достигает в этой точке своего наибольшего значения?

30. Что, согласно критерию проверки необходимых условий экстремума второго порядка, необходимо и достаточно для того чтобы матрица Гессе была положительно полуопределенной и точка может быть являлась точкой локального минимума?

31. Какая квадратичная форма (а также соответствующая матрица Гессе $H(x)$) называется положительно определенной ($H(x) > 0$)?

32. Решить графически задачу линейного программирования вида

$$x_1 + 2x_2 \rightarrow \max, \begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 11 \\ x_1 + 3x_2 \leq 7 \\ 2x_1 + x_2 \leq 10 \\ x_i \geq 0, i = 1, 2. \end{cases}$$

Ответ _____

Вопросы к коллоквиуму
по дисциплине «Оптимальное управление»

1. Постановка задачи оптимального управления (ОУ) как экстремальной задачи с ограничениями. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами.
2. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем.
3. Принцип оптимальности Беллмана. Общая формулировка. Различные варианты формулировок принципа оптимальности.
4. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации. Основное содержание метода.
5. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема). Решение задачи на основе метода динамического программирования.
6. Определение (формальное) функции Беллмана данной задачи и ее особенности.
7. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация.
8. Задача оптимального распределения с двумя видами ресурсов. Математическая постановка задачи. Уравнение Беллмана.
9. Задача оптимального управления с дискретным временем. Математическая постановка задачи.
10. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования.
11. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности.
12. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация.
13. Система функциональных уравнений Беллмана как теоретическая основа алгоритма решения задач.
14. Задача оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования.
15. Особенности уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем.
16. Значение принципа максимума в теории оптимального управления. История создания и развития теории ОУ, основанной на принципе максимума.
17. Основная постановка задачи ОУ: задача с интегральным или смешанным интегрально-терминальным функционалом, дифференциальной связью, граничными условиями и ограничением на управление.
18. Принцип максимума в форме Гамильтона. Принцип максимума в форме Лагранжа.
19. Значение двух форм принципа максимума. Эквивалентность двух формулировок

принципа максимума. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа.

20. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи.

21. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров.

22. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Особенности необходимых условий экстремума, связанные со структурой задачи.

23. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума.

24. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и ограничений исходной задачи.

25. Задача ОУ с дополнительными ограничениями в виде равенств и неравенств, задаваемых смешанными интегрально-терминальными функционалами (обобщенная задача ОУ). Анализ полученной системы необходимых условий.

26. Принцип максимума, как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.

27. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Понятие функции Кротова. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова.

28. Принцип максимума и результаты теории КВИ.

29. Общая теоретическая идея о связи необходимых условий в задачах ОУ (условия, входящие в принцип максимума) и необходимых условий в задачах КВИ.

30. Задачи оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования. Доказательство основных результатов.

31. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. Уравнение Беллмана как дифференциальное уравнение с частными производными и наличием операции взятия экстремума.

32. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, фиксированным левым и свободным правым концами траектории.

33. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума. Доказательство основной теоремы. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование).

34. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории.

35. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.

36. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных.

37. Представление простейшей задачи КВИ в виде задачи ОУ. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума.

38. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи.

Контрольные вопросы

по дисциплине «Оптимальное управление»

1. Постановка задачи оптимального управления (ОУ) как экстремальной задачи с ограничениями. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами.
2. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем.
3. Принцип оптимальности Беллмана. Общая формулировка. Различные варианты формулировок принципа оптимальности.
4. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации. Основное содержание метода.
5. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема). Решение задачи на основе метода динамического программирования.
6. Определение (формальное) функции Беллмана данной задачи и ее особенности.
7. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация.
8. Задача оптимального распределения с двумя видами ресурсов. Математическая постановка задачи. Уравнение Беллмана.
9. Задача оптимального управления с дискретным временем. Математическая постановка задачи.
10. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования.
11. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности.
12. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация.
13. Система функциональных уравнений Беллмана как теоретическая основа алгоритма решения задач.
14. Задача оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования.
15. Особенности уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем.
16. Значение принципа максимума в теории оптимального управления. История создания и развития теории ОУ, основанной на принципе максимума.
17. Основная постановка задачи ОУ: задача с интегральным или смешанным интегрально-терминальным функционалом, дифференциальной связью, граничными условиями и ограничением на управление.
18. Принцип максимума в форме Гамильтона. Принцип максимума в форме Лагранжа.
19. Значение двух форм принципа максимума. Эквивалентность двух формулировок принципа максимума. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа.
20. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи.
21. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров.
22. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Особенности необходимых условий экстремума, связанные со структурой задачи.
23. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума.
24. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и ограничений исходной задачи.
25. Задача ОУ с дополнительными ограничениями в виде равенств и неравенств, задаваемых

смешанными интегрально-терминальными функционалами (обобщенная задача ОУ). Анализ полученной системы необходимых условий.

26. Принцип максимума, как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.

27. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории. Понятие функции Кротова. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова.

28. Принцип максимума и результаты теории КВИ.

29. Общая теоретическая идея о связи необходимых условий в задачах ОУ (условия, входящие в принцип максимума) и необходимых условий в задачах КВИ.

30. Задачи оптимального управления с непрерывным временем. Метод динамического программирования. Доказательство основных результатов.

31. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем. Уравнение Беллмана как дифференциальное уравнение с частными производными и наличием операции взятия экстремума.

32. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, фиксированным левым и свободным правым концами траектории.

33. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума. Доказательство основной теоремы. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование).

34. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории.

35. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.

36. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных.

37. Представление простейшей задачи КВИ виде задачи ОУ. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума.

38. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания компетенции

5.1 Критерии оценивания качества устного ответа

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в материале, за незнание основных понятий дисциплины.

5.2 Критерии оценивания тестирования

При тестировании все верные ответы берутся за 100%.

90%-100% отлично

75%-90% хорошо

60%-75% удовлетворительно

менее 60% неудовлетворительно

5.3 Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Оценка **«отлично»** выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач.

Оценка **«хорошо»** – за твердое знание основного (программного) материала, включая расчеты (при необходимости), за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, за умение применять теоретические положения для решения практических задач.

Оценка **«удовлетворительно»** – за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала, за слабое применение теоретических положений при решении практических задач.

Оценка **«неудовлетворительно»** – за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в расчетах, за незнание основных понятий дисциплины.

Аннотация дисциплины

| | |
|---|---|
| Дисциплина (Модуль) | Оптимальное управление |
| Реализуемые компетенции | УК-1 |
| Индикаторы достижения компетенций | УК-2.1. Осуществляет поиск оптимального решения задач в рамках поставленной цели, исходя из действующих правовых норм. УК-2.2. Практически реализует оптимизационный подход при решении задач различной направленности. УК-2.3. Использует исследовательские технологии, методы компьютерного моделирования в решении проблемных задач. |
| Трудоемкость, з.е. | 144/4 |
| Формы отчетности (в т.ч. по семестрам) | ОФО: экзамен в 8 семестре |