

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Автоматики и информационных технологий в управлении»

«СОГЛАСОВАНО»

Заведующий кафедрой АИТУ

/П.В. Бабаян/

26 05 2023 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

/А.В. Корячко/

26 05 2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Направление подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки
Программирование и анализ данных

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – очная

Рязань 2023

Общая трудоемкость

3 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	32	32	32	32
Практические	16	16	16	16
Иная контактная работа	0,55	0,55	0,55	0,55
Итого ауд.	48,55	48,55	48,55	48,55
Контактная работа	48,55	48,55	48,55	48,55
Сам. работа	39	39	39	39
Часы на контроль	8,75	8,75	8,75	8,75
Письменная работа на курсе	11,7	11,7	11,7	11,7
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Кузнецов Вячеслав Павлович



Рабочая программа дисциплины

Вариационное исчисление и оптимальное управление

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9)

составлена на основании учебного плана:

01.03.02 Прикладная математика и информатика

утвержденного учёным советом вуза от 28.04.2023 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Автоматики и информационных технологий в управлении

Протокол от 18.05.2023 г. № 7

Срок действия программы: 2023-2027 уч.г.

Зав. кафедрой Бабаян Павел Вартанович



Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Автоматики и информационных технологий в управлении

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Автоматики и информационных технологий в управлении

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Автоматики и информационных технологий в управлении

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Автоматики и информационных технологий в управлении

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины является обучение студентов методам оптимального управления социально-экономическими объектами.
1.2	1. Получение системы знаний о математических моделях социально-экономических объектов и методах оптимального управления.
1.3	2. Подготовка и представление основных целей и задач, возникающих при построении систем оптимального управления социально-экономическими объектами.
1.4	3. Систематизация и закрепление практических навыков оптимального управления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Многомерный статистический анализ
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Анализ хозяйственной деятельности предприятия
2.2.2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.3	Научно-исследовательская практика
2.2.4	Научно-исследовательская работа
2.2.5	Преддипломная практика
2.2.6	Производственная практика
2.2.7	Производственная практика
2.2.8	Финансовый менеджмент

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-2: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы	
ПК-2.1. Проводит сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в экономической деятельности и бизнесе	
Знать математический аппарат теории оптимального управления; Уметь проводить математическое описание объектов управления; формулировать математическую постановку задачи оптимального управления, проводить аналитические преобразования и численные вычисления, приводящие к оптимальным алгоритмам управления; Владеть методами реализации алгоритмов оптимального управления.	
ПК-2.2. Проводит сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в экономической деятельности и бизнесе	
Знать типовые задачи оптимального управления, возникающие в экономике; Уметь сформулировать постановку задачи оптимального управления на качественном уровне; Владеть методами анализа и экономического обоснования полученных результатов.	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	-математический аппарат теории оптимального управления;
3.1.2	-типовые задачи оптимального управления, возникающие в экономике.
3.2	Уметь:
3.2.1	-проводить математическое описание объектов управления; формулировать математическую постановку задачи оптимального управления, проводить аналитические преобразования и численные вычисления, приводящие к оптимальным алгоритмам управления;
3.2.2	-сформулировать постановку задачи оптимального управления на качественном уровне.
3.3	Владеть:

3.3.1	-методами реализации алго-ритмов оптимального управления;
3.3.2	методами анализа и экономического обоснования полученных результатов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Введение, постановка задачи оптимального управления					
1.1	Два типа оптимизационных задач в экономике: задачи конечномерной (статической) оптимизации, задачи бесконечномерной (динамической) оптимизации; примеры задач первого и второго типов. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
1.2	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
1.3	/Ср/	7	1	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.2Л2.1	курсовая работа, зачет
1.4	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3		курсовая работа, зачет
1.5	Математическое описание экономических систем в задачах оптимального управления, непрерывные и дискретные экономические системы, понятие переменных состояния, вектора состояния, уравнения состояния. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
1.6	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
1.7	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.2	курсовая работа, зачет
1.8	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
	Раздел 2. Математический аппарат теории оптимального управления, вариационные задачи					
2.1	Постановка задачи оптимального управления; проблема начального и конечного состояний экономической системы, ограничения на управляющее воздействие и переменные состояния, критерий оптимальности и типы задач оптимального управления: задачи Больца, Лагранжа и Майера. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
2.2	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3	Л1.1	зачет
2.3	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3	Л1.1Л2.1	зачет

2.4	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3	Л1.1	зачет
2.5	/Лек/	7	0	ПК-2.1-3		зачет
2.6	Исторические предпосылки возникновения вариационного исчисления, задача о брахистохроне. Простейшая задача вариационного исчисления, уравнения Эйлера, условия Лежандра, условия трансверсальности. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
2.7	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1 Л1.2Л2.1	курсовая работа, зачет
2.8	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В		курсовая работа, зачет
2.9	Вариационные задачи с несколькими неизвестными функциями, наличие дополнительных ограничений в форме алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений, вариационная задача на условный экстремум. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
2.10	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
2.11	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.2	курсовая работа, зачет
2.12	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
2.13	Вариационные задачи с несколькими неизвестными функциями, наличие дополнительных ограничений в форме алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений, вариационная задача на условный экстремум. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
2.14	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
2.15	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет

2.16	/Ср/	7	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
	Раздел 3. . Метод динамического программирования					
3.1	Постановка задачи и принцип оптимальности Беллмана. Дискретный вариант метода динамического программирования, вычислительные аспекты метода. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
3.2	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.3	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.4	/Ср/	7	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
3.5	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления. Оптимизация распределения капиталовложений между предприятиями. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
3.6	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.2	курсовая работа, зачет
3.7	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
3.8	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.9	Задача о замене производственного оборудования. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
3.10	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В		курсовая работа, зачет
3.11	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В		курсовая работа, зачет
3.12	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В		курсовая работа, зачет

3.13	Задача оптимальной загрузки транспортного средства. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
3.14	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.15	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.16	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
3.17	Метод динамического программирования в непрерывной задаче, уравнение Беллмана, структура оптимального управления. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
3.18	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.19	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.1	курсовая работа, зачет
3.20	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
	Раздел 4. Принцип максимума Понтрягина					
4.1	Принцип максимума Понтрягина. Постановка задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории и фиксированным временем управления; расширенное пространство состояний и модифицированная задача оптимального управления. Игольчатая вариация и условие оптимальности. Принцип максимума Понтрягина. Постановка задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории и фиксированным временем управления; расширенное пространство состояний и модифицированная задача оптимального управления. Игольчатая вариация /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
4.2	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.3	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет

4.4	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
4.5	Система сопряженных уравнений принципа максимума. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
4.6	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.7	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.8	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
4.9	Обобщение принципа максимума на задачи оптимального управления с другими граничными условиями. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
4.10	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.11	/Ср/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
4.12	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.13	Обобщение принципа максимума на задачи оптимального управления с другими граничными условиями. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
4.14	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.15	/Пр/	7	0	ПК-2.1-3	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.16	/Ср/	7	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
4.17	Применение принципа максимума к экономическим задачам оптимального управления. Задача об эффективной рекламной деятельности фирмы. /Тема/	7	0			курсовая работа, зачет

4.18	/Лек/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.19	/Пр/	7	2	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1	курсовая работа, зачет
4.20	/Ср/	7	4	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.2Л2.1	курсовая работа, зачет
Раздел 5. Промежуточная аттестация						
5.1	/Тема/	7	0			курсовая работа, зачет
5.2	/ИКР/	7	0,55	ПК-2.1-3	Л1.1	зачет
5.3	/КПКР/	7	11,7	ПК-2.1-3 ПК-2.1-У ПК-2.1-В ПК-2.2-3 ПК-2.2-У ПК-2.2-В	Л1.1Л2.1	курсовая работа, зачет
5.4	/Зачёт/	7	8,75	ПК-2.1-3	Л1.2	курсовая работа, зачет

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств представлен в приложении 1 к рабочей программе

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л1.1	Кузнецов В.П.	Оптимальное управление экономическими системами : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2011,	, https://elibrsre.ru/ebs/download/2038
Л1.2	Кузнецов В.П.	Оптимальные и адаптивные системы : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2006,	, https://elibrsre.ru/ebs/download/2029

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/ название ЭБС
Л2.1	Кузнецов В.П.	Оптимальные и адаптивные системы : Задания и метод.указ.к курс.работе	Рязань, 2006, 12с.	, 1

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

Наименование	Описание
LibreOffice	Свободное ПО
OpenOffice	Свободное ПО
MATLAB R2010b	Бессрочно. Matlab License 666252

6.3.2 Перечень информационных справочных систем**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1	430 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий семинарского типа, лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 24 учебных компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, сервер данных
2	440 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, лабораторных работ, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специальная мебель (28 посадочных места), 14 компьютеров с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска.
3	445 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Специальная мебель (54 посадочных места), компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ, мультимедиа проектор, экран, доска, колонки звуковые.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методические указания приведены в приложении 2 к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Автоматика и информационные технологии в управлении»

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Б1.0.ДВ.01.01 «Вариационное исчисление и оптимальное управление»

Направление 01.03.02
«Прикладная математика и информатика»

ОПОП
«Программирование и анализ данных»

Квалификация выпускника – бакалавр
Формы обучения – очная

Рязань 2023 г.

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающимися целям и требованиям основной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности общекультурных и профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимися в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретённых обучающимися на лабораторных работах. При выполнении лабораторных работ применяется система оценки «зачтено – не зачтено».

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена. Форма проведения экзамена – устный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. В процессе подготовки к устному ответу экзаменуемый может составить в письменном виде план ответа, включающий в себя определения, выводы формул, рисунки и т.п. Решение задачи также предоставляется в письменном виде.

Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Введение, постановка задачи оптимального управления	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа
2	Математический аппарат теории оптимального управления, вариационные задачи	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа
3	Метод динамического программирования	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа
4	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа
5	Принцип максимума Понтрягина	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа
6	Применение принципа максимума к экономическим задачам оптимального управления	ПК-2.1, ПК-2.2	Экзамен, курсовая работа

Критерии оценивания компетенций (результатов)

- 1). Уровень усвоения материала, предусмотренного программой.
- 2). Умение анализировать материал, устанавливать причинно-следственные связи.
- 3). Качество ответа на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность, логичность.
- 4). Содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям.
- 5). Использование дополнительной литературы при подготовке ответов.

Уровень освоения знаний, умений и навыков по дисциплине оценивается в форме бальной отметки:

«Отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который прочно усвоил предусмотренный программный материал; правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров; показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов; без ошибок выполнил практическое задание.

Обязательным условием выставленной оценки является правильная речь в быстром или умеренном темпе. Дополнительным условием получения оценки «зачтено» могут стать хорошие успехи при выполнении самостоятельной и контрольной работы, систематическая активная работа на семинарских занятиях.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов и заданий билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем. Целостного представления о взаимосвязях, компонентах, этапах развития культуры у студента нет. Оценивается качество устной и письменной речи, как и при выставлении положительной оценки.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы к экзамену

1. Два типа оптимизационных задач в экономике.
2. Математическое описание экономических объектов в задачах оптимального управления.

3. Постановка задачи оптимального управления (непрерывный вариант).
4. Классификация задач оптимального управления по виду критерия оптимальности.
5. Классификация задач оптимального управления по времени управления и конечному состоянию объекта управления.
6. Постановка задачи о рекламной деятельности.
7. Постановка задачи оптимального управления (дискретный вариант).
8. Вариационное исчисление: задача о брахистохроне.
9. Простейшая вариационная задача и уравнение Эйлера.
10. Вариационная задача с несколькими неизвестными функциями и уравнениями связей, неопределенные множители Лагранжа.
11. Применение вариационных методов к задаче оптимального управления.
12. Пример применения вариационных методов к задаче о рекламной деятельности.
13. Метод динамического программирования: постановка задачи, принцип оптимальности Беллмана.
14. Дискретный вариант динамического программирования.
15. Оптимизация распределения капиталовложений между предприятиями.
16. Задача о замене производственного оборудования.
17. Задача оптимальной загрузки транспортного средства.
18. Непрерывный вариант динамического программирования, уравнение Беллмана.
19. Применение уравнения Беллмана к задаче о рекламной деятельности.
20. Решение непрерывной задачи оптимального управления с помощью дискретного варианта динамического программирования.
21. Схема решения задачи оптимального управления с помощью уравнения Беллмана.
22. Принцип максимума Понтрягина: игольчатая вариация и условие оптимальности.
23. Принцип максимума Понтрягина: система уравнений для нахождения вектора $P(t)$.
24. Схема решения задачи оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина.
25. Применение принципа максимума в задаче о рекламной деятельности.
26. Принцип максимума в задаче с фиксированным временем управления и закрепленным правым концом траектории.
27. Принцип максимума в задаче с нефиксированным временем управления и свободным правым концом траектории
28. Принцип максимума в задаче с нефиксированным временем управления и закрепленным правым концом траектории
29. Принцип максимума Понтрягина и условия трансверсальности.
30. Задача о рекламной деятельности фирмы в форме Больца.

Перечень упражнений и вопросов для контроля

№	Раздел дисциплины	Темы упражнений и вопросы для контроля
1	Введение, постановка задачи оптимального управления	Задача о рекламной деятельности: исследование дифференциального уравнения, описывающего поведение фирмы. 1. Какие требования предъявляются к математическому описанию объектов управления в теории оптимальных систем? 2. Какой экономический смысл носят переменные состояния в задаче о рекламной деятельности? 3. Охарактеризуйте тип дифференциального уравнения (ДУ), описывающего поведение фирмы. 4. Приведите решение ДУ при отсутствии рекламы. Как ведет себя объем продаж в этом случае? 5. Приведите решение ДУ при постоянных затратах на рекламу. Как

		ведет себя объем продаж в этом случае? 6. Как происходит «сшивание» решений ДУ при изменении затрат на рекламу в пределах интервала управления? 7. В чем вы видите ограниченный характер данной математической модели, описывающей поведение фирмы?
2	Математический аппарат теории оптимального управления, вариационные задачи	Применение вариационных методов к задаче с квадратичным критерием качества. 1. Приведите классификацию задач оптимального управления по виду критериев оптимальности. 2. Какова идея применения вариационного исчисления к задаче оптимального управления? 3. Перечислите все неизвестные функции, которые появляются при переходе от задачи оптимального управления к вариационной задаче на условный экстремум. 4. Запишите уравнение Эйлера для каждой неизвестной функции. 5. В чем состоит ограниченный характер вариационных методов?
3	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления	Оптимизация распределения капиталовложений между предприятиями. 1. Сформулируйте задачу оптимального распределения капиталовложений в терминах задачи конечномерной оптимизации. 2. В чем состоит метод перебора для решения данной задачи? 3. Сформулируйте задачу оптимального распределения капиталовложений в терминах динамического программирования. 4. Назовите этапы решения оптимизационной задачи на основе дискретного варианта динамического программирования. 5. В чем состоит физический смысл функции Беллмана? 6. Каковы преимущества метода динамического программирования по сравнению с методом перебора?
4	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления	Задача о замене производственного оборудования. 1. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана, дайте его геометрическую интерпретацию в пространстве состояний. 2. Сформулируйте задачу оптимальной замены производственного оборудования в терминах динамического программирования. 3. Объясните на физическом уровне разностное уравнение, описывающее поведение объекта управления. 4. Назовите этапы решения оптимизационной задачи на основе дискретного варианта динамического программирования. 5. Охарактеризуйте начальное и конечное состояния объекта управления; приведите классификацию задач оптимального управления по виду конечных параметров объекта управления.
5	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления	Оптимальная производственная программа предприятия. 1. Охарактеризуйте объект управления в данной задаче с точки зрения управляющего воздействия и выходного сигнала. 2. Сформулируйте задачу составления оптимальной производственной программы предприятия в терминах динамического программирования. 3. Объясните на физическом уровне разностное уравнение, описывающее поведение объекта управления. 4. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана, дайте его геометрическую интерпретацию в пространстве состояний.

		5. Назовите этапы решения оптимизационной задачи на основе дискретного варианта динамического программирования.
6	Применение динамического программирования к экономическим задачам оптимального управления	Задача оптимального складирования. 1. Охарактеризуйте объект управления в данной задаче с точки зрения управляющего воздействия и выходного сигнала. 2. Объясните на физическом уровне разностное уравнение, описывающее поведение объекта управления. 3. Сформулируйте задачу оптимального складирования в терминах динамического программирования. 4. Назовите этапы решения оптимизационной задачи на основе дискретного варианта динамического программирования. 5. Какую оптимизационную задачу приходится решать на каждом шаге попятного движения?
7	Применение принципа максимума к экономическим задачам оптимального управления	Применение принципа максимума в задаче о рекламной деятельности фирмы. 1. Приведите классификацию задач оптимального управления по виду критериев оптимальности. 2. Охарактеризуйте начальное и конечное состояния объекта управления в данной задаче; приведите классификацию задач оптимального управления по виду конечных параметров объекта управления. 3. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче со свободным правым концом траектории и фиксированным временем управления? 4. Как вводится дополнительная переменная состояния? 5. Каким образом ограничение затрат на рекламу влияет на процесс решения и окончательные результаты?
8	Применение принципа максимума к экономическим задачам оптимального управления	Задача о рекламной деятельности фирмы в форме Больца. 1. Приведите классификацию задач оптимального управления по виду критериев оптимальности. 2. Охарактеризуйте экономический смысл критерия оптимальности в данной задаче. 3. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в данной задаче? 4. На каком этапе решения задачи используется терминальная составляющая? 5. Каким образом соотношение между интегральной и терминальной составляющими влияет на окончательные результаты решения задачи?

Индивидуальные задания к самостоятельной работе

Количество часов, отводимое на самостоятельные занятия по дисциплине в соответствии с учебным планом – 39 часов.

1. Сформулируйте требования к математическому описанию непрерывных объектов управления в задачах оптимального управления.
2. Сформулируйте требования к математическому описанию дискретных объектов управления в задачах оптимального управления.
3. Поведение экономической системы описывается дифференциальным уравнением

$$\dot{y}(t) + a_1 \dot{y}(t) + a_2 y(t) = b_0 u(t),$$

где $u(t)$ – управляющее воздействие, $y(t)$ – выходной сигнал. Перейдите от исходного уравнения к уравнениям в переменных состояния.

4. Поведение экономической системы описывается разностным уравнением

$$y[n+2] + a_1 y[n+1] + a_2 y[n] = b_0 u[n],$$

где $u[n]$ – управляющее воздействие, $y[n]$ – выходной сигнал. Перейдите от исходного уравнения к уравнениям в переменных состояния.

5. Приведите классификацию задач оптимального управления по виду критериев оптимальности (задачи Лагранжа, Больца, Майера).
6. Охарактеризуйте начальное и конечное состояния объекта управления; приведите классификацию задач оптимального управления по виду конечных параметров объекта управления.
7. Приведите схему решения задачи оптимального управления с помощью вариационных методов.
8. Сформулируйте принцип оптимальности Беллмана, дайте его геометрическую интерпретацию в пространстве состояний.
9. Запишите уравнение Беллмана для задачи с фиксированным временем управления. Какова последовательность решения этого уравнения?
10. Запишите уравнение Беллмана для задачи с нефиксированным временем управления. Какова последовательность решения этого уравнения?
11. Принцип максимума Понтрягина: как вводится дополнительная переменная состояния?
12. Принцип максимума Понтрягина: запишите функцию Гамильтона в векторной и скалярной формах.
13. Приведите схему решения задачи оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина.
14. Объект управления описывается уравнениями состояния:

$$\dot{x}_1(t) = -a_1 x_1(t) + u(t), \quad \dot{x}_2(t) = a_1 x_1(t) - a_2 x_2(t).$$

Критерий оптимальности имеет вид:

$$I = \int_0^{\infty} [x_2^2(t) + u^2(t)] dt \xrightarrow{u(t)} \min.$$

Сведите задачу оптимального управления к вариационной задаче на условный экстремум, составьте систему дифференциальных уравнений Эйлера для нахождения всех неизвестных функций.

15. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче со свободным правым концом траектории и фиксированным временем управления?
16. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче с закрепленным правым концом траектории и фиксированным временем управления?
17. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче со свободным правым концом траектории и нефиксированным временем управления?
18. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче с закрепленным правым концом траектории и нефиксированным временем управления?
19. Какова особенность принципа максимума Понтрягина в задаче Больца?
20. Объект управления описывается уравнениями состояния:

$$\dot{x}_1(t) = -a_1 x_1(t) + u(t), \quad \dot{x}_2(t) = a_1 x_1(t) - a_2 x_2(t).$$

Критерий оптимальности имеет вид:

$$I = \int_0^{\infty} [x_2^2(t) + u^2(t)] dt \xrightarrow{u(t)} \min.$$

Составьте уравнение Беллмана для задачи с фиксированным временем управления, найдите структуру оптимального управления.

21. Объект управления описывается уравнениями состояния:

$$\dot{x}_1(t) = -a_1 x_1(t) + u(t), \quad \dot{x}_2(t) = a_1 x_1(t) - a_2 x_2(t).$$

Критерий оптимальности имеет вид:

$$I = \int_0^T [x_2^2(t) + u^2(t)] dt \xrightarrow{u(t)} \min.$$

Введите дополнительную переменную состояния, запишите функцию Гамильтона, найдите структуру оптимального управления, составьте систему дифференциальных уравнений для нахождения неизвестных функций $p_i(t)$, $i = 1, 2$.

Оценочные материалы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины Б1.0.ДВ.01.01 «Вариационное исчисление и оптимальное управление» по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»