

Рубцовский индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

СОГЛАСОВАНО

Декан ТФ

А.В. Сорокин

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.ДВ.3.1 «Элементы теории оптимального управления»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **38.03.01
Экономика**

Направленность (профиль, специализация): **Финансы и кредит**

Статус дисциплины: **дисциплины (модули) по выбору**

Форма обучения: **заочная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
Разработал	преподаватель	А.С. Шевченко
Согласовал	Зав. кафедрой «ПМ»	Е.А. Дудник
	руководитель направленности (профиля) программы	Д.В. Ремизов

г. Рубцовск

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции из УП и этап её формирования	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	содержание процессов самоорганизации и самообразования, их особенностей и технологий реализации, исходя из целей совершенствования профессиональной деятельности; терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории оптимального управления: классическое вариационное исчисление (КВИ), принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование; необходимые условия экстремума в различных задачах классического вариационного исчисления, оптимального управления (ОУ), динамического программирования.	планировать цели и устанавливать приоритеты при выборе способов принятия решений с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы достижения; применять математический аппарат для описания и объяснения природных и социальных явлений, в том числе задач вариационного исчисления, оптимального управления и динамического программирования.	технологиями организации процесса самообразования; способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки деятельности; навыками самостоятельного теоретического анализа различных видов экстремальных задач классического вариационного исчисления и оптимального управления; методами оптимального управления для решения прикладных задач управления в экономике; методикой построения, анализа и применения моделей оптимального управления в экономике.
ПК-10	способностью использовать для решения коммуникативных задач современные	основные способы и методы решения коммуникативных задач экономического	использовать современные технические средства и	практическими навыками применения технических средств

	технические средства и информационные технологии	характера, в том числе задач вариационного исчисления, оптимального управления и динамического программирования, с применением технических средств и информационных технологий	информационные технологии для решения коммуникативных задач экономического характера, включая задачи вариационного исчисления, оптимального управления и динамического программирования.	и информационных технологий для решения коммуникативных задач экономического характера, включая задачи вариационного исчисления, оптимального управления и динамического программирования.
--	--	--	--	--

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие дисциплины, освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	(практики), изучению результатов необходимы освоения данной дисциплины.	Линейная алгебра, Математический анализ, Методы принятия управленческих решений
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	для изучения	Математическое моделирование в экономике

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
заочная	4	0	4	100	12

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Форма обучения: заочная

Семестр: 6

Лекционные занятия (4ч.)

1. Основы вариационного исчисления. {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (1ч.)[2,3,6,9,10] Задачи, приводящие к вариационным проблемам: задача Дидоны, задача о брахистохроне, задача о геодезических линиях, задача о минимальной поверхности. Основные определения. Вариационные задачи с неподвижными границами. Основная лемма вариационного исчисления. Необходимое условие экстремума функционала (уравнение Эйлера). Простейшие случаи интегрирования уравнения Эйлера. Функционалы, зависящие от нескольких функций одной независимой переменной и их первых производных. Функционалы, зависящие от производных более высокого порядка. Уравнение Эйлера-Пуассона. Вариационные задачи с подвижными границами. Задачи на условный экстремум. Основные типы задач на условный экстремум. Необходимые условия в задаче Лагранжа. Необходимые условия в изопериметрической задаче. Задача Майера. Задача Больца. Современные технические средства и информационные технологии для решения задач вариационного исчисления.

2. Принцип максимума Понтрягина. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (1ч.)[3,7,8,9,10] Постановка задачи оптимального управления. Понятие управляемого объекта. Дискретные и непрерывные процессы. Фазовые координаты и управляющие параметры. Общая постановка задачи оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов. Примеры задач оптимального управления. Задача Лагранжа в форме Понтрягина. Метод множителей Лагранжа. Задача Лагранжа в форме Понтрягина в случае подвижных концов. Принцип максимума для непрерывных управляемых процессов. Функция Гамильтона-Понтрягина. Сопряженная система дифференциальных уравнений. Формулировка принципа максимума для простейшей задачи теории оптимального управления. Условия трансверсальности. Линейные задачи теории оптимального управления. Постановка и решение линейной задачи оптимального быстрогодействия. Функция Понтрягина для линейной задачи оптимального

быстродействия. Теорема, выражающая достаточные условия оптимальности в линейных задачах оптимального быстродействия. Теорема о числе переключений. Современные технические средства и информационные технологии для решения задач оптимального управления.

3. Метод динамического программирования. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (2ч.)[4,5,7,8,9,10] Модель динамического программирования. Различные варианты формулировок принципа оптимальности. Уравнение Беллмана. Пример построения модели динамического программирования. Оптимальное распределение ресурсов. Двумерная модель распределения ресурсов. Дискретная динамическая модель оптимального распределения ресурсов. Задача об оптимальном распределении средств между предприятиями. Оптимальная стратегия замены оборудования. Задача об оптимальном маршруте. Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана. Уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана для непрерывных и многошаговых процессов. Теоремы о достаточных условиях оптимальности для непрерывных и многошаговых процессов. Постановка и решение задачи об оптимальном распределении инвестиций между проектами методом динамического программирования. Связь динамического программирования и принципа максимума Понтрягина, связь метода динамического программирования с вариационным исчислением. Современные технические средства и информационные технологии для решения задач динамического программирования.

Практические занятия (4ч.)

1. Задачи вариационного исчисления, как инструменты для самоорганизации и самообразования.(1ч.)[2,3,6,9,10] Решение вариационных задачи с неподвижными границами. Решение вариационных задачи с подвижными границами. Решение вариационных задачи на условный экстремум (Задача Лагранжа, изопериметрическая задача, задача Майера., задача Больца).

2. Применение принципа максимума Понтрягина для решения задач оптимального управления(1ч.)[1,3,7,8,9] Решение задачи Лагранжа в форме Понтрягина. Решение задач оптимального управления для непрерывных и многошаговых процессов. Решение линейных задач теории оптимального управления. Использование современных технических средств и информационных технологий для решения задач оптимального управления.

3. Применение динамического программирования для решения задач оптимального управления.(2ч.)[1,4,5,7,8,9,10] Задача оптимального

распределения ресурсов. Задача распределения инвестиций. Задача об оптимальном распределении средств между предприятиями. Задача замены оборудования. Задача об оптимальном маршруте. Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана. Уравнение Гамильтона-Якоби-Беллмана для непрерывных и многошаговых процессов. Использование современных технических средств и информационных технологий для решения задачи динамического программирования.

Самостоятельная работа (100ч.)

- 1. Изучение теоретического материала(32ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]**
- 2. Подготовка к практическим занятиям.(40ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]**
- 3. Выполнение контрольной работы.(20ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]**
- 4. Защита контрольной работы(4ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]**
- 5. Подготовка к зачету.(4ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]**

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Шевченко А.С. Элементы теории оптимального управления: методические указания к выполнению контрольной работы для студентов направлений подготовки 38.03.01 «Экономика», 38.03.02 «Менеджмент организации» всех форм обучения / А.С. Шевченко. – Рубцовск: РИИ, 2021. – 23 с. URL:

[https://edu.rubinst.ru/resources/books/Shevchenko_A.S._Yelementy_teorii_optimal'nog_o_upravleniya_\(kontr.rab.\)_2021.pdf](https://edu.rubinst.ru/resources/books/Shevchenko_A.S._Yelementy_teorii_optimal'nog_o_upravleniya_(kontr.rab.)_2021.pdf) (дата обращения 30.08.2021)

6. Перечень учебной литературы

6.1. Основная литература

2. Бренерман, М.Х. Вариационное исчисление : учебное пособие / М.Х. Бренерман, В.А. Жихарев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2017. – 148 с. – Режим доступа: по

подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500496> (дата обращения: 13.12.2020).

3. Крутиков, В.Н. Методы оптимизации : учебное пособие : [16+] / В.Н. Крутиков, В.В. Мешечкин ; Кемеровский государственный университет. – 2-е изд., исправ. и доп. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2019. – 106 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=600281> (дата обращения: 13.12.2020).

4. Окулов, С. М. Динамическое программирование : учебное пособие / С. М. Окулов, О. А. Пестов. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 299 с. — ISBN 978-5-00101-683-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135554> (дата обращения: 13.12.2020).

5. Самков, Т.Л. Математические методы исследования экономики и математическое программирование : учебное пособие : [16+] / Т.Л. Самков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 115 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575280> (дата обращения: 13.12.2020).

6.2. Дополнительная литература

6. Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания : учебное пособие / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-1630-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/45675> (дата обращения: 13.12.2020).

7. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации : учебник / Ф.П. Васильев. – Изд. нов., перераб. и доп. – Москва : МЦНМО, 2011. – Ч. 1. Конечномерные задачи оптимизации. Принцип максимума. Динамическое программирование. – 620 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63313> (дата обращения: 13.12.2020).

8. Лагоша, Б.А. Оптимальное управление в экономике : учебное пособие / Б.А. Лагоша. – Москва : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. – 133 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90665> (дата обращения: 13.12.2020).

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

9. Задачи оптимизации с решением в Excel. Режим доступа: https://www.matburo.ru/ex_emm.php?pl=emmoptexcel

10. Постановка задачи и численные методы ее решения. Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/post/postanovka-zadachi-optimizatsii-i-chislennye-metody-ee-resheniya356>

8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Антивирус Kaspersky
3	Windows

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы (http://Window.edu.ru)
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов

(как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. (http://нэб.рф/)

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа
учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций
учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Элементы теории оптимального управления»

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код контролируемой компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОК-7: способностью к самоорганизации и самообразованию	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета
ПК-10: способностью использовать для решения коммуникативных задач современные технические средства и информационные технологии	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Показатели оценивания компетенций представлены в разделе «Требования к результатам освоения дисциплины» рабочей программы дисциплины «Элементы теории оптимального управления» с декомпозицией: знать, уметь, владеть.

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине «Элементы теории оптимального управления» используется 100-балльная шкала.

Критерий	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по традиционной шкале
Студент проявил знание программного материала, демонстрирует сформированные (иногда не полностью) умения и навыки, указанные в программе компетенции, умеет (в основном) систематизировать материал и делать выводы	25-100	<i>Зачтено</i>
Студент не усвоил основное содержание материала, не умеет систематизировать информацию, делать выводы, четко и грамотно отвечать на заданные вопросы, демонстрирует низкий уровень овладения необходимыми	0-24	<i>Не зачтено</i>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

№ пп	Вопрос/Задача	Проверяемые компетенции
1	<p>Блок тестовых заданий. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, ответьте на следующие вопросы: Какие задачи приводятся к вариационным проблемам? Как решаются вариационной задачи с неподвижными границами? Какие вы знаете простейшие случаи интегрирования уравнения Эйлера? Как вычисляются функционалы, зависящие от нескольких функций одной независимой переменной и их первых производных? Как вычисляются функционалы, зависящие от производных более высокого порядка? Как решаются вариационные задачи с подвижными концами и границами? В каких случаях используются естественные краевые условия и условия трансверсальности? Как решаются вариационные задачи на условный экстремум? Какие вы знаете типы задач на условный экстремум? Как решается задача Майера и задача Больца? Что такое управляемый объект и его динамика, класс допустимых управлений, множества начальных и конечных состояний управляемого объекта? Какие вы знаете критерии качества управления? Какие вы можете привести примеры задач теории оптимального управления для непрерывной системы? Что такое функция Гамильтона-Понтрягина, сопряженная система дифференциальных уравнений, условия трансверсальности? Что такое принципа максимума Понтрягина? Приведите его формулировку. Можно ли использовать принцип максимума как достаточное условие оптимальности? Какие вы можете привести примеры задач теории оптимального управления для многошаговых процессов? Какие вы знаете условия оптимальности для многошагового процесса с неограниченным управлением? Какие вы можете привести примеры линейных задач быстрогодействия?</p>	ОК-7

	<p>На каких этапах развития экономики вы видите возможность применять модели магистрального типа? Что понимается под магистралью в экономике? Как можно доказать аналитически единственность решения о движущемся объекте? Какие нужны исходные данные для задачи о календарном планировании поставки продукции? Что на практике сложнее: подготовка исходных данных или техника решения задачи?</p>	
2	<p>Блок тестовых заданий. Какие существуют этапы экономико-математического моделирования задачи распределения ресурсов с использованием современных технических средств и информационных технологий? Как осуществляется построение модели динамического программирования для задачи об оптимальном распределении средств между предприятиями с использованием современных технических средств и информационных технологий? Как осуществляется построение модели динамического программирования для задачи о замене оборудования с использованием современных технических средств и информационных технологий? Как осуществляется построение модели динамического программирования для задачи об оптимальном маршруте с использованием современных технических средств и информационных технологий? Как осуществляется построение модели динамического программирования для задачи управления запасами с использованием современных технических средств и информационных технологий? Как осуществляется поиск оптимального управления запасами при заданном расходе с использованием современных технических средств и информационных технологий?</p>	ПК-10
3	<p>Блок задач (практических заданий) Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, в простейшей задаче вариационного исчисления найдите экстремали. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, в задаче, зависящей от производных более высокого порядка, найдите экстремали. Используя знания, полученные в ходе</p>	ОК-7

	<p>самоорганизации и самообразования, в задаче с подвижными концами найдите экстремали. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, в изопериметрической задаче найдите экстремали. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, в задаче Больца найдите допустимые экстремали. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, осуществите экономико-математическое моделирование динамики взаимодействия разработчиков коммерческого и некоммерческого программного обеспечения. Исследуйте динамику конкурентной борьбы производителей коммерческого и некоммерческого программных продуктов. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, найдите управляемый процесс, удовлетворяющий необходимым условиям оптимальности. Установите, является ли найденный процесс оптимальным. Решение изобразите графически. Используя знания, полученные в ходе самоорганизации и самообразования, в задаче найдите процесс, удовлетворяющий необходимым условиям оптимальности Лагранжа. Выделите случаи достаточности.</p>	
4	<p>Блок задач (практических заданий) Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу оптимального распределения ресурсов. Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу распределения инвестиций. Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу об оптимальном распределении средств между предприятиями. Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу замены оборудования. Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу управления запасами. Используя современные технических средств и информационные технологии, решите задачу об оптимальном маршруте</p>	ПК-10

4. Файл и/или БТЗ с полным комплектом оценочных материалов прилагается.