



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

Е.Г. Юрченко

« 12 » сентября 2016 г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой бизнес-информатики и
экономико-математических методов

Ю.Д. Шмидт

« 12 » сентября 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимальное управление

Направление подготовки: 38.03.05 «Бизнес-информатика»

Профиль подготовки: «Моделирование и оптимизация бизнес-процессов»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 4

лекции 18 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы - час.

в том числе с использованием МАО лек. - / пр. 18 / лаб. - час.

всего часов аудиторной нагрузки 54 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 90 час.

в том числе на подготовку к экзамену - час.

контрольные работы (количество) -

курсовая работа / курсовой проект - семестр

зачет 4 семестр

экзамен - семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 11.08.2016 № 1002

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры бизнес-информатики и экономико-математических методов, протокол № 7 от 12 сентября 2016 г.

Заведующий кафедрой: д-р экон. наук, проф. Ю.Д. Шмидт

Составители: канд. физ.-мат. наук, доцент И.С. Хан

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 200 г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 200 г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 38.03.05 «Business-Informatics».

Study profile's Program “The modeling and optimization of business processes”.

Course title: “Optimal control”.

Variable part of Block, 4 credits.

Instructor: Khan Igor Sergeevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor.

At the beginning of the course a student should be able to:

- ability to use the basics of economic knowledge in various fields of activity;
- ability to communicate in oral and written forms in Russian and foreign languages for solving problems of interpersonal and intercultural interaction;
- ability to self-organization and self-education;
- the ability to use the appropriate mathematical apparatus and tools for processing, analyzing and systematizing information on the research topic;
- ability to prepare scientific and technical reports, presentations, scientific publications on the results of the research performed.

Learning outcomes:

general professional competence (GPC):

- ability to solve standard tasks of professional activity on the basis of information and bibliographic culture using information and communication technologies and taking into account the basic requirements of information security

professional competence (PC):

- ability to carry out a feasibility study of projects to improve and regulate business processes and IT infrastructure of an enterprise

Course description:

Elements of dynamic programming, Elements of the calculus of variations, Elements of mathematical laid optimal control.

Main course literature:

1. Abdrakhmanov V.G. Elements of the calculus of variations and optimal control. Theory, tasks, individual tasks [Electronic resource]: a tutorial / VG Abdrakhmanov, A.V. Rabchuk. - Electron. Dan. - St. Petersburg: Lan, 2014. - 112 p. - Access Mode: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Lan:Lan-45675&theme=FEFU>
2. Kolemaev V.A. Methods of optimal solutions. Workshop: textbook / V.A. Kolemaev ed., VI Solovyov, ed. - Moscow: KnoRus, 2016. - 194 p. - Access Mode: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=BookRu:BookRu-919909&theme=FEFU>
3. Kremer N.Sh. Operations Research in Economics: a textbook for universities / [N. S. Kremer, B. A. Putko, I. M. Trishin et al.]; by ed. N. Sh. Kremer. - Moscow: Yurayt [Yurayt Publishers], 2011. - 430 p. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:348020&theme=FEFU>
4. Lagosha B.A. Optimal management in economics: theory and applications: a textbook for universities on economic specialties / B. A. Lagosh, T. G. Apalkova. Moscow: Finance and Statistics, 2008. —220 c. .— Access Mode: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:351191&theme=FEFU>
5. Serovaisky, S. Ya. Practical course of the theory of optimal control with examples [Electronic resource]: study guide / S. Ya. Serovaisky. - Electron. text data. - Almaty: Kazakh National University. Al-Farabi, 2011. - 178 c. - 9965-29-669-3. - Access mode: <http://www.iprbookshop.ru/57570.html>

Form of final control: pass-fail exam.

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Оптимальное управление»

Учебный курс «Оптимальное управление» предназначен для студентов направления подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика, профиля подготовки «Моделирование и оптимизация бизнес-процессов». Дисциплина «Оптимальное управление» входит в состав обязательных дисциплин вариативной части.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (36 часов, в том числе МАО 18 часов), самостоятельная работа студента (90 часов). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4 семестре.

Дисциплина «Оптимальное управление» основывается на знаниях, умениях и навыках, полученных в результате изучения дисциплин «Основы экономико-математического анализа», «Приложения линейной алгебры в экономике», «Математические методы принятия решений», «Теоретические основы экономической статистики», «Исследования операций» и позволяет подготовить студента к освоению ряда таких дисциплин, как «Анализ, совершенствование и управление бизнес процессами», «Оптимизация бизнес-процессов», «Эффективность информационных технологий»; подготовить к прохождению учебной и производственной практик.

Содержание дисциплины состоит из трех разделов и охватывает следующий круг вопросов:

1. Элементы динамического программирования: постановка дискретной задачи динамического программирования (ДП), её структура и элементы; принцип оптимальности Беллмана и уравнения Беллмана; общая схема решения задач ДП, прямой и обратный ход расчётов; реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными, на примере задачи о заготовке леса с различными условиями рубки; реализация метода ДП в

задачах с дискретными условиями, на примере задачи оптимального инвестирования предприятий; постановка задачи оптимальной эксплуатации оборудования, различные критерии оптимальности и способы задания условий; решение задачи оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП, случай задания условий и критериев в виде функций; постановка задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП.

2. Элементы вариационного исчисления: основные классы функций в вариационном исчислении (ВИ), нормы и метрики в пространствах функций; окрестности функций; интегральный функционал; различные виды экстремумов функционала; постановка простейшей задачи ВИ с фиксированными краевыми условиями; примеры; проблема существования решений в различных классах функций; приращения и вариации функционалов в ВИ; вывод и решение уравнения Эйлера; задача о брахистохроне, решение с помощью уравнения Эйлера; примеры и решения задач ВИ с экономическим содержанием.

3. Элементы математического прокладного оптимального управления: постановка задач оптимального управления (ОУ) и её основные элементы, функционал, система дифференциальных уравнений (ДУ); классы используемых функций; преимущества ОУ по сравнению с ВИ; Принцип максимума Понтрягина (ПМП) для решений некоторых базовых задач ОУ на конечном интервале времени; гамильтониан и сопряжённая система уравнений, реализация принципа максимума, условия трансверсальности для простейших краевых условий в задачах ОУ; примеры моделей и формулировок задач ОУ с экономическим содержанием; достаточные условия оптимальности решений, удовлетворяющих ПМП; пример "наилучшей стратегии расширения производства" как решение соответствующей задачи ОУ.

Цель – знакомство с типовыми динамическими моделями макро- и микро экономики, предназначенных для решения задач прогнозирования, экономического регулирования и оптимизации управления; приобретение

навыков разработки сценарных вариантов расчета, применение системы программирования в математическом пакете MATHCAD.

Задачи:

- Изучение базовых принципов решения задач оптимального управления динамическими системами в экономике;
- Формирование у студентов знаний и навыков практического применения широко используемых в экономике прикладных математических моделей для решения экономических проблем.

Для успешного изучения дисциплины «Оптимальное управление» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные элементы компетенций:

- способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности;
- способность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия;
- способность к самоорганизации и самообразованию;
- способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования;
- умение готовить научно-технические отчеты, презентации, научные публикации по результатам выполненных исследований.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и профессиональные элементы компетенций.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью решать стандартные	Знает	Сущность и значение информации в развитии современного общества, а также методы и ин Математический аппарат теории оптимального управления;

задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности		Модели экономической динамики; Принцип оптимального управления инструментарий для ее обработки
	Умеет	применять информационно-коммуникационных технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности
	Владеет	Устойчивыми навыками решения профессиональных задач на основе информационно-коммуникационных технологий навыками решения элементарных задач вариационного исчисления; навыками решения задач оптимального управления; навыками программирования задач оптимального управления
ПК-12 умение выполнять технико-экономическое обоснование проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия	Знает	Широко используемые методы оптимального управления для экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия
	Умеет	Применять экономико-математические методы и модели для решения конкретных экономических задач проводить фундаментальные и прикладные экономические исследования; принимать эффективные решения для управления экономическими процессам
	Владеет	Навыками выполнения технико-экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия с использованием методов оптимального управления

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Оптимальное управление» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: Лекция-презентация, Проблемная лекция, Лекция пресс-конференция, Мозговой штурм, Деловая игра.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Элементы динамического программирования (6 час.)

Тема 1. Модель, постановка дискретной задачи динамического программирования (ДП) и метод её решения (2 час.)

Элементы и структура модели проблемы для решения методом ДП. Постановка дискретной задачи ДП. Фазовые переменные, управления, уравнения динамики процесса, траектория, графическое представление. Принцип оптимальности Беллмана, запись уравнений Беллмана для каждого периода. Общая схема решения задач ДП, прямой и обратный ход расчётов. Простейшие примеры

Тема 2. Реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными и функциями критериев (2 час.)

Базовые задачи с непрерывными фазовыми и управляющими переменными, реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными и функциями критериев. Задачи оптимальной эксплуатации восстанавливаемых ресурсов, технологического оборудования и инвестирования производств. Прямой вывод аналитической формы функций Беллмана и функций управления. Расчёт величин в процедурах прямой и обратной итераций. Формулировки математических и экономических смыслов всех функций и величин.

Тема 3. Реализация метода ДП в задачах с дискретными переменными и табличными функциями критериев (2 час.)

Базовые задачи с дискретными фазовыми и управляющими переменными, особенности реализации метода ДП в задачах с дискретными переменными и функциями критериев, заданных таблично. Задачи оптимального инвестирования предприятий, алгоритмы решения. Постановки задач оптимальной эксплуатации оборудования с табличными функциями, различные критерии оптимальности и способы задания условий. Схема решения задачи оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП. Графические формы задач, решаемых методом ДП. Задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП, аналоги

функций Беллмана в стохастической среде, критерии с математическим ожиданием.

Раздел II. Элементы вариационного исчисления (ВИ) в оптимизации экономических процессов (4 час.)

Тема 1. Теоретические основы и аппарат вариационного исчисления (2 час.)

Основные классы функций в задачах ВИ. Пространства функций, базовые нормы и метрики. «Слабые» и «сильные» окрестности функций. Интегральный функционал, виды локальных и глобальных экстремумов. Постановка простейших краевых задач ВИ с закреплёнными концами. Проблема существования решения в пространстве гладких функций, примеры, оптимизирующие последовательности и супремумы. Приращения и вариации функционалов, аналоги производных по направлению. Необходимые условия решения в виде уравнений Эйлера. Различные случаи уравнений Эйлера, первые интегралы уравнения. Условия трансверсальности на концах кривой.

Тема 2. Базовые примеры прикладных оптимизационных моделей и задач, решаемых методами ВИ (2 час.)

Задача о брахистохроне как начало оптимального управления, постановка и решение с помощью уравнения Эйлера, нарушение условий гладкости, построение циклоиды. Примеры и решения прикладных задач ВИ с экономическим содержанием. Задача об оптимальном управлении капиталом и сбережениями в национальной экономике с классическими функциями полезности и производственной функцией на конечном интервале времени, и с дисконтированием. Задачи динамической оптимизации работы фирмы. Задача оптимальной динамики монополистического производства при разных зависимостях между

спросом и предложением. Задачи ВИ в макро моделях Гудвина и Хаавельмо.

Раздел III. Элементы математической теории оптимального управления (ОУ) и её приложений (8 час.)

Тема 1. Теоретические основы и базовые задачи ОУ (3 час.)

Общая постановка задачи ОУ, целевой интегральный функционал, система дифференциальных уравнений (ДУ) с управлениями; классы используемых функций для управлений. Траектория, начальные и терминальные условия. Сведение задачи ВИ к задаче ОУ, преимущества аппарата ОУ по сравнению с ВИ. Принцип максимума Понтрягина (ПМП) для основных задач ОУ, его структура и алгоритмы применения; гамильтониан и сопряжённые переменные, сопряжённая система уравнений. Условия трансверсальности в базовых задачах. Постановки основных задач ОУ, задачи с линейными системами ДУ, примеры решений. Задача быстрогодействия, пример, синтез траекторий, фазовые диаграммы траекторий.

Тема 2. Простые прикладные одномерные модели и задачи ОУ на конечном времени и без фазовых ограничений (3 час.)

Простейшая модель и задача ОУ потребления на конечном интервале с закреплёнными концами. Оптимальные режимы потребления. Модели поведения потребителя с ограничениями на управление. Синтез оптимальных управлений в одномерных задачах со свободным концом, картина допустимых фазовых траекторий. Динамическая модель потребителя, максимизирующего дисконтированную полезность выбором режима инвестирования в разные активы, учёт граничных и терминальных условий. Запись и учёт условий трансверсальности. Канонические неоклассические односекторные модели оптимального экономического роста типа Рамсея, разные экзогенные факторы и параметры. Роль свойств вогнутости гамильтониана. Модель и задача оптимального управления

запасами произведённых товаров. Модель оптимизации рекламы Видала – Вольфа . Содержательные модели управления исчерпаемыми ресурсами. Модели оптимального регулирования эпидемий. Базовая модель и оптимальное регулирование загрязнением среды отходами производства.

Тема 3. Специальные модели и задачи ОУ с дополнительными и условиями и ограничениями (2 час.)

Оптимальное потребление в двухсекторной модели экономического роста Рамсея при ограничении на величину сбережений, подробная схема решения, построение фазового портрета. Задачи ОУ в динамической модели олигополии Курно. Задачи ценовой конкуренции в дуополии. Модель оптимального регулирования загрязнения среды производственными отходами в дуополии. Классические модели экономического роста в односекторных и двухсекторных экономиках, управление в моделях типа Солоу. Специфика решения задач ОУ на бесконечном горизонте управления. Горизонты решений и прогнозирования, ограниченность складских возможностей. Задачи с фазовыми ограничениями, простейшая модель управления запасами магазина.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (36 час., в том числе с использованием МАО – 18 час.)

Занятие 1. Задачи на усвоение базовых элементов математических моделей и задач динамического программирования (2 часа).

Метод активного обучения – мозговой штурм (1 час.)

1. Простые примеры построения моделей ДП по первичному описанию производственной проблемы, определение искомым переменных и параметров.

2. Формулировка оптимизационной задачи ДП. Построение целевой функции проблемного процесса.

3. Составление и запись динамических уравнений процесса. Расчёт траектории процесса для заданных управлений, графическое изображение.

4. Максимизация непрерывных функций в зависимости от параметров.

5. Примеры сведения статических задач оптимизации к динамическим задачам ДП.

6. Решение простейших задач ДП. Запись уравнений Беллмана.

Занятие 2. Реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными и функциями критериев (4 час.)

Метод активного обучения – мозговой штурм (2 час.)

1. Задачи оптимальной эксплуатации восстанавливаемых лесных ресурсов: моделирование, формулировка задачи ДП. Построение целевой функции и уравнений динамики.

2. Реализация обратной схемы итерации, решение уравнений Беллмана.

3. Аналитическое нахождение всех функций Беллмана.

4. Прямые итерации: нахождение оптимальных управлений и траектории.

5. Задачи оптимальной эксплуатации технологического оборудования, постановки и моделирование в разных условиях.

6. Решения задач оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП.

7. Задачи оптимального инвестирования производств, случай двух отраслей.

8. Формулировки математических и экономических смыслов всех функций и величин.

9. Выдача и обсуждение ИДЗ № 1.

Занятие 3. Решение задач ДП с дискретными переменными и табличными функциями критериев (4 час.)

Метод активного обучения – мозговой штурм (2 час.)

1. Задачи оптимального инвестирования нескольких предприятий, алгоритмы решения. Случаи немонотонных функций отдачи.

2. Задачи оптимальной эксплуатации оборудования с табличными

Функциями затрат, различные критерии оптимальности и способы задания условий.

3. Графическое представление схемы решения уравнений и нахождения функций Беллмана.

4. Задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП.

5. Аналоги функций Беллмана в стохастической среде, критерии с математическим ожиданием результата.

6. Выдача и обсуждение ИДЗ № 2.

Занятие 4. Теоретические основы и аппарат вариационного исчисления (4 час.)

Метод активного обучения – мозговой штурм (2 час.)

1. Примеры пространств функций в задачах ВИ.

2. Вычисление базовые норм и метрик функций.

3. «Слабые» и «сильные» окрестности функций.

4. Запись и вычисление интегральных функционалов.

5. Примеры и виды локальных и глобальных экстремумов.

6. Постановка простейших краевых задач ВИ с закреплёнными концами.

7. Примеры отсутствия решений, оптимизирующие последовательности и супремумы.

8. Приращения и вариации функционалов, аналоги производных по направлению.

9. Уравнения Эйлера, различные случаи, первые интегралы уравнения.

10. Условия трансверсальности на концах кривой.

11. Условия Лежандра – Якоби. Роль условий выпуклости.

Занятие 5. Базовые примеры прикладных оптимизационных моделей и задач, решаемых методами ВИ (4 час.)

Метод активного обучения – мозговой штурм (2 час.)

1. Задача Дидоны, решение.

2. Задача о брахистохроне: постановка, решение уравнения Эйлера, построение циклоиды по краевым условиям.

3. Задача об оптимальном управлении капиталом и сбережениями в классических функциях полезности и производственной функцией на конечном времени, и с дисконтированием.

4. Задачи динамической оптимизации работы фирмы.

5. Задача оптимальной динамики монополистического производства при разных зависимостях между спросом и предложением.

6. Задачи ВИ в макро моделях Гудвина и Хаавельмо.

7. Задачи ВИ экономического роста со свободным концом, случаи отсутствия решений.

8. Задача оптимального времени эксплуатации не возобновляемого природного ресурса, экономический смысл условий Эйлера.

Занятие 6. Контрольная работа по темам ДП и ВИ (2 час.)

Решение простейших задач ДП с непрерывными и табличными функциями. Вывод и запись функций Беллмана. Решение задач ВИ с использованием уравнений Эйлера.

Занятие 7. Отработка теоретических основ и базовых элементов ОУ (6 час.)

Метод активного обучения – деловая игра (6 час.)

1. Построение траекторий систем линейных ДУ с заданным кусочно постоянными управлениями.

2. Примеры построения фазовых портретов простейших систем ДУ.

3. Общая постановка основных задач ОУ, целевой интегральный функционал.

4. Примеры и понятие множеств достижимости задачи ОУ.

5. Траектория, начальные и терминальные условия. Допустимые управления и фазовые ограничения.

6. Множества достижимости.

7. Сведение задач ВИ к задачам ОУ, преимущества аппарата ОУ по сравнению с ВИ.

8. Формулировка принцип максимума Понтрягина (ПМП) для основных задач ОУ, его элементы, структура и алгоритмы применения.

9. Решение простейших задач ОУ, задачи с линейными системами ДУ, гамильтониан и сопряжённые переменные, сопряжённая система уравнений.

10. Условия трансверсальности в базовых задачах.

11. Простейшая задача быстрогодействия, пример, синтез траекторий, фазовые диаграммы траекторий.

12. Задачи ОУ с фазовыми ограничениями, лагранжианы для ограничений.

13. Выдача ИДЗ № 4 .

Занятие 8. Простые прикладные одномерные модели и задачи ОУ на конечном времени и без фазовых ограничений (6 час.)

Метод активного обучения – мозговой штурм (4 час.)

1. Простейшая модель и задача ОУ потребления на конечном интервале с закреплёнными концами. Оптимальные режимы потребления.

2. Модели поведения потребителя с ограничениями на управление. Синтез оптимальных управлений в одномерных задачах со свободным концом, картина допустимых фазовых траекторий.

3. Динамическая модель, максимизации дисконтированной полезности выбором режима инвестирования в разные активы, учёт граничных

4. Канонические неоклассические односекторные модели оптимального экономического роста типа Рамсея, разные экзогенные факторы и параметры.

5. Модель и задача оптимального управления запасами произведённых товаров.

6. Маркетинговая модель Нелава - Эрроу оптимальной рекламной деятельности фирмы, управление брендовым капиталом.

7. Модель оптимизации рекламы Видала – Вольфа .

8. Одномерные модели управления лесными ресурсами, вырубкой и посадки саженцев.

9. Содержательные модели управления исчерпаемыми ресурсами.

10. Модели оптимального регулирования эпидемий.

11. Базовая модель и оптимальное регулирование загрязнением среды отходами производства.

12. Достаточные условия оптимальности и роль свойств вогнутости гамильтониана.

Занятие 9. Специальные модели и задачи ОУ с дополнительными и условиями и ограничениями (4 час.)

Метод активного обучения – деловая игра (4 час.)

1. Оптимальное потребление в двухсекторной модели экономического роста Рамсея при ограничении на величину сбережений, подробная схема решения, построение фазового портрета.

2. Двумерные динамические модели рекламной и производственной политики фирмы.

3. Модель оптимального регулирования загрязнения среды производственными отходами в дуополии.

4. Финансовая модель оптимального регулирования потока наличных средств фирмы.

5. Двумерная модель оптимального управления активами и распределением прибыли в акционерной компании.

6. Специфика решения задач ОУ на бесконечном горизонте управления.

7. Двумерная модель оптимальной политики фирмы в торговле зерном, специальные случаи с наличием и отсутствием коротких продаж, ограниченность складских возможностей.

8. Задачи ОУ с неопределённой длиной периода планирования, минимизация времени процесса.

9. Задачи с фазовыми ограничениями, простейшая модель управления запасами магазина.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Оптимальное управление» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Раздел I. Элементы динамического программирования	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), (Расч.-граф. работа ПР-14) № 1-2	Вопросы к экзамену № 1-10
			умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) №1-2, Задачи (ПР-13) , К/Р (ПР-2) № 1	Вопросы к экзамену № 1-10
			владеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) №1-2, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 1	Вопросы к экзамену № 1-10
2.	Раздел I. Элементы динамического программирования Раздел II. Элементы вариационного исчисления в оптимизации экономических процессов	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), дискуссия (УО-4), Конспект (ПР-7).	Вопросы к экзамену № 11-20.
			умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) № 3-4, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 2	Вопросы к экзамену № 11-20.
			владеет	Расч.-граф. работа (ПР-14)№ 3-4, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 2	Вопросы к экзамену № 11-20.

3.	Раздел II. Элементы ВИ в оптимизации экономических процессов Раздел III. Элементы математическо й теории ОУ оптимального	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4), Реферат (ПР-4).	Вопросы к экзамену № 21-30
			умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) № 5-7, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 3	Вопросы к экзамену № 21-30
			владеет	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4), Реферат (ПР-4).	Вопросы к экзамену № 30-35

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Абдрахманов В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Lan:Lan-45675&theme=FEFU>
2. Колемаев В.А. Методы оптимальных решений. Практикум : учебное пособие / В.А. Колемаев под ред., В.И. Соловьев под ред. — Москва : КноРус, 2016. — 194 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=BookRu:BookRu-919909&theme=FEFU>
3. Кремер Н.Ш. Исследование операций в экономике: учебное пособие для вузов / [Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин и др.]; под ред. Н. Ш. Кремера. — М.: Юрайт [ИД Юрайт], 2011. — 430 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:348020&theme=FEFU>
4. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике : теория и приложения : учебное пособие для вузов по экономическим

специальностям / Б. А. Лагоша, Т. Г. Апалькова. Москва : Финансы и статистика, 2008. — 220 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:351191&theme=FEFU>

5. Серовайский, С. Я. Практический курс теории оптимального управления с примерами [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Я. Серовайский. — Электрон. текстовые данные. — Алматы : Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2011. — 178 с. — 9965-29-669-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/57570.html>

Дополнительная литература

1. Лежнев А.В. Динамическое программирование в экономических задачах : учебное пособие для вузов / А. В. Лежнев. Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 176 с. — Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:356808&theme=FEFU>
2. Теория оптимального управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. — Электрон. текстовые данные. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 147 с. — 978-5-7410-1505-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69954.html>
3. Оптимальное управление в технических системах. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. А. Балашова, Ю. П. Барметов, В. К. Битюков, Е. А. Хромых ; под ред. В. К. Битюков. — Электрон. текстовые данные. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. — 288 с. — 978-5-00032-307-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74014.html>
4. Бренерман М.Х. Вариационное исчисление [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бренерман М.Х., Жихарев В.А.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017.— 148 с.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-79275&theme=FEFU>

5. Гончаренко В.Ю. Методы оптимальных решений в экономике и финансах : учебник / В.М. Гончаренко, В.Ю. Попов под ред. и др. — Москва : КноРус, 2014. — 400 с. — Для бакалавров.— Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=BookRu:BookRu-915989&theme=FEFU>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. Freedom Collection на портале ScienceDirect
<http://www.sciencedirect.com/>
2. Электронная библиотека и базы данных ДВФУ .
<http://dvfu.ru/web/library/elib>
3. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
4. Электронно-библиотечная система «Научно-издательского центра ИНФРА-М» <http://znanium.com>
5. Электронно-библиотечная система БиблиоТех.
<http://www.bibliotech.ru>
6. Электронный каталог научной библиотеки ДВФУ <http://ini-fb.dvgu.ru:8000/cgi-bin/gw/chameleon>
7. Научная библиотека КиберЛенинка: <http://cyberleninka.ru/>
8. МАСМИ - агентство маркетинговых исследований (проект «Онлайн монитор»): [http:// www.onlinemonitor.ru](http://www.onlinemonitor.ru)
9. Ромир холдинг - исследования рынков и сфер общественной жизни:
<http://www.romir.ru>
10. Новая электронная библиотека – www.newlibrary.ru
11. <http://bookzz.org/>

**Перечень информационных технологий
и программного обеспечения**

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Базовые информационные средства

1. Microsoft Word
2. Microsoft Excel
3. Microsoft PowerPoint
4. Microsoft Internet Explorer/ Mozilla Firefox/ Opera

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Реализация дисциплины «Оптимальное управление» предусматривает следующие виды учебной работы: лекции, лабораторные работы, самостоятельную работу студентов, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Освоение курса дисциплины «Оптимальное управление» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических работ с обязательным предоставлением отчета о работе, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Оптимальное управление» является экзамен, который проводится в виде тестирования.

В течение учебного семестра обучающимся нужно:

- освоить теоретический материал (20 баллов);
- успешно выполнить аудиторные и контрольные задания (50 баллов);
- своевременно и успешно выполнить все виды самостоятельной работы (30 баллов).

Студент считается аттестованным по дисциплине «Оптимальное управление» при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Критерии оценки по дисциплине «Оптимальное управление» для аттестации на экзамене следующие: 86-100 баллов – «отлично», 76-85 баллов

– «хорошо», 61-75 баллов – «удовлетворительно», 60 и менее баллов – «неудовлетворительно».

Пересчет баллов по текущему контролю и самостоятельной работе производится по формуле:

$$P(n) = \sum_{i=1}^m \left[\frac{O_i}{O_i^{max}} \times \frac{k_i}{W} \right],$$

где: $W = \sum_{i=1}^n k_i^n$ для текущего рейтинга;

$W = \sum_{i=1}^m k_i^n$ для итогового рейтинга;

$P(n)$ – рейтинг студента;

m – общее количество контрольных мероприятий;

n – количество проведенных контрольных мероприятий;

O_i – балл, полученный студентом на i -ом контрольном мероприятии;

O_i^{max} – максимально возможный балл студента по i -му контрольному мероприятию;

k_i – весовой коэффициент i -го контрольного мероприятия;

k_i^n – весовой коэффициент i -го контрольного мероприятия, если оно является основным, или 0, если оно является дополнительным.

Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины

Оптимальным вариантом планирования и организации студентом времени, необходимого для изучения дисциплины, является равномерное распределение учебной нагрузки, т.е. систематическое ознакомление с теоретическим материалом на лекционных занятиях и закрепление полученных знаний при подготовке и выполнении практических работ и

заданий, предусмотренных для самостоятельной работы студентов.

Подготовку к выполнению практических работ необходимо проводить заранее, чтобы была возможность проконсультироваться с преподавателем по возникающим вопросам. В случае пропуска занятия, необходимо предоставить письменную разработку пропущенной лабораторной работы.

Самостоятельную работу следует выполнять согласно графику и требованиям, предложенным преподавателем.

Алгоритм изучения дисциплины

Изучение курса должно вестись систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта. В конспект рекомендуется включать все виды учебной работы: лекции, самостоятельную проработку рекомендуемой основной и дополнительной литературы, отчеты по лабораторным работам, решение ситуационных задач и кроссвордов, ответы на вопросы для самоконтроля и другие задания, предусмотренные для самостоятельной работы студентов.

Основным промежуточным показателем успешности студента в процессе изучения дисциплины является его готовность к выполнению практических работ.

Приступая к подготовке к лабораторным работам, прежде всего, необходимо ознакомиться с планом занятия, изучить соответствующую литературу, нормативную и техническую документацию. По каждому вопросу лабораторной работы студент должен определить и усвоить ключевые понятия и представления. В случае возникновения трудностей студент должен и может обратиться за консультацией к ведущему преподавателю.

Критерием готовности к лабораторным работам является умение студента ответить на все контрольные вопросы, рекомендованные преподавателем.

Знания, полученные студентами в процессе изучения дисциплины, должны закрепляться не повторением, а применением материала. Этой цели при изучении дисциплины «Оптимальное управление» служат активные формы и методы обучения, такие как метод ситуационного анализа, который дает возможность студенту освоить профессиональные компетенции и проявить их в условиях, имитирующих профессиональную деятельность.

Особое значение для освоения теоретического материала и для приобретения и формирования умений и навыков имеет самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа студентов по данной дисциплине предусматривает изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы, написание рефератов, решение кроссвордов, подготовку к выполнению и защите практических работ и промежуточной аттестации – экзамену.

Для самопроверки усвоения теоретического материала, подготовки к выполнению и защите практических работ и сдаче экзамена студентам предлагаются вопросы для самоконтроля.

Рекомендации по использованию методов активного обучения

Для повышения эффективности образовательного процесса и формирования активной личности студента важную роль играет такой принцип обучения как познавательная активность студентов. Целью такого обучения является не только освоение знаний, умений, навыков, но и формирование основополагающих качеств личности, что обуславливает необходимость использования методов активного обучения, без которых невозможно формирование специалиста, способного решать профессиональные задачи в современных рыночных условиях.

Для развития профессиональных навыков и личности студента в качестве методов активного обучения целесообразно использовать методы ситуационного обучения, представляющие собой описание деловой ситуации, которая реально возникала или возникает в процессе деятельности.

Реализация такого типа обучения по дисциплине «Оптимальное управление» осуществляется через использование ситуационных заданий, в частности ситуационных задач, которые можно определить как методы имитации принятия решений в различных ситуациях путем проигрывания вариантов по заданным условиям.

Ситуационные задачи предназначены для использования студентами конкретных приемов и концепций при их выполнении для того, чтобы

получить достаточный уровень знаний и умений для принятия решений в аналогичных ситуациях на предприятиях, тем самым уменьшая разрыв между теоретическими знаниями и практическими умениями.

Решение ситуационных задач студентам предлагается в конце практических работ в завершении изучения определенной учебной темы, а знания, полученные на лекциях, должны стать основой для решения этих задач. Из этого следует, что студент должен владеть достаточным уровнем знания теоретического материала, уметь работать с действующей нормативной и технической документацией для оценки качества потребительских товаров. Это предполагает осознание студентом процесса принятия решений при оценке качества товаров и вынесения решения по ситуационной задаче.

Студент должен уметь правильно интерпретировать ситуацию, т.е. правильно определять – какие факторы являются наиболее важными в данной ситуации и какое решение необходимо принять в соответствии с действующей нормативной и технической документацией.

Таким образом, решение ситуационных задач призвано вырабатывать следующие умения и навыки у студентов:

- работать с увеличивающимся и постоянно обновляющимся потоком информации в области товароведения и оценки качества товаров, связанного с изменяющейся рыночной ситуацией и применением законодательной базы;
- высказывать и отстаивать свою точку зрения четкой, уверенной и грамотной речью;
- вырабатывать собственное мнение на основе осмысления теоретических знаний и проведения экспериментальных исследований;
- самостоятельно принимать решения.

Технология выполнения ситуационных задач включает в себя организацию самостоятельной работы обучающихся с консультационной поддержкой преподавателя. На этапе ознакомления с задачей студент самостоятельно оценивает ситуацию, изложенную в тексте, исследует

теоретический материал, устанавливает ключевые факторы и проводит анализ проблем, изложенных в условии задачи. Затем составляет план действий и оценивает возможности его реализации. По окончании самостоятельного анализа студент должен ответить на вопросы, выполнить задания и составить письменный отчет по данному заданию.

Рекомендации по работе с литературой

При самостоятельной работе с рекомендуемой литературой студентам необходимо придерживаться определенной последовательности:

- при выборе литературного источника теоретического материала лучше всего исходить из основных понятий изучаемой темы курса, чтобы точно знать, что конкретно искать в том или ином издании;

- для более глубокого усвоения и понимания материала следует читать не только имеющиеся в тексте определения и понятия, но и конкретные примеры;

- чтобы получить более объемные и системные представления по рассматриваемой теме необходимо просмотреть несколько литературных источников (возможно альтернативных);

- не следует конспектировать весь текст по рассматриваемой теме, так как такой подход не дает возможности осознать материал; необходимо выделить и законспектировать только основные положения, определения и понятия, позволяющие выстроить логику ответа на изучаемые вопросы.

Рекомендации по подготовке к экзамену

Подготовка к экзамену и его результативность также требует у студентов умения оптимально организовывать свое время. Идеально, если студент ознакомился с основными положениями, определениями и понятиями курса в процессе аудиторного изучения дисциплины, тогда подготовка к экзамену позволит систематизировать изученный материал и глубже его усвоить.

Подготовку к экзамену лучше начинать с распределения предложенных контрольных вопросов по разделам и темам курса. Затем необходимо выяснить наличие теоретических источников (конспекта лекций, учебников, учебных пособий).

При изучении материала следует выделять основные положения,

определения и понятия, можно их конспектировать. Выделение опорных положений даст возможность систематизировать представления по дисциплине и, соответственно, результативнее подготовиться к экзамену.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Оптимальное управление» необходимы:

Компьютерная техника; доступ в локальную сеть университета; доступ к файловому серверу (обменный диск); установка прикладной программы программному Mathcad на каждой рабочей станции.

В читальных залах Научной библиотеки ДВФУ предусмотрены рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья, оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованные портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами, видеоувелечителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной системы.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ
по дисциплине «Оптимальное управление»

Направление подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика
Профиль подготовки: «Моделирование и оптимизация бизнес-процессов»

Форма подготовки очная

г. Владивосток

2016

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата / сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	8 неделя	Выполнение реферата	15	Защита реферата
	14 неделя			
2.	10 неделя	Подготовка к К/Р	10	К/Р
	16 неделя			
3.	В течение семестра	Выполнение Индивидуальных заданий	20	Сдача расчётно-графических ИДЗ
4.	4 неделя	Подготовка к зачету	45	Зачет, Письменные ответы и устное собеседование
	6 неделя			
	9 неделя			
	12 неделя			
	15 неделя			
18 неделя				
ИТОГО			90	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Особое значение для освоения теоретического материала и для приобретения и формирования умений и навыков имеет самостоятельная работа студентов.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Оптимальное управление» предусматривает изучение рекомендуемой основной и дополнительной литературы, написание рефератов, решение кроссвордов, подготовку к выполнению и защите практических работ и промежуточной аттестации – экзамену.

Для самопроверки усвоения теоретического материала, подготовки к выполнению и защите практических работ и сдаче экзамена студентам предлагаются вопросы для самоконтроля.

Рекомендации по работе с литературой

При самостоятельной работе с рекомендуемой литературой студентам

необходимо придерживаться определенной последовательности:

– при выборе литературного источника теоретического материала лучше всего исходить из основных понятий изучаемой темы курса, чтобы точно знать, что конкретно искать в том или ином издании;

– для более глубокого усвоения и понимания материала следует читать не только имеющиеся в тексте определения и понятия, но и конкретные примеры;

– чтобы получить более объемные и системные представления по рассматриваемой теме необходимо просмотреть несколько литературных источников (возможно альтернативных);

– не следует конспектировать весь текст по рассматриваемой теме, так как такой подход не дает возможности осознать материал; необходимо выделить и законспектировать только основные положения, определения и понятия, позволяющие выстроить логику ответа на изучаемые вопросы.

1. Самостоятельная работа по выполнению аналитических расчётно-графических заданий по каждой изучаемой теме.

1.1 Выполнение аналитических расчётно-графических заданий по **Темам № 1.1 – 1.2** включает вопросы:

Простые примеры построения моделей ДП по первичному описанию производственной проблемы, определение искомых переменных и параметров. Формулировка оптимизационной задачи ДП. Построение целевой функции проблемного процесса. Составление и запись динамических уравнений процесса. Расчёт траектории процесса для заданных управлений, графическое изображение. Максимизация непрерывных функций в зависимости от параметров. Примеры сведения статических задач оптимизации к динамическим задачам ДП. Решение простейших задач ДП. Запись уравнений Беллмана. Задачи оптимальной эксплуатации восстанавливаемых лесных ресурсов: Моделирование, формулировка задачи ДП. Построение целевой функции и уравнений

динамики. Реализация обратной схемы итерации, решение уравнений Беллмана. Аналитическое нахождение всех функций Беллмана.

Прямые итерации: нахождение оптимальных управлений и траектории. Выполнение ИДЗ № 1.

1.2 Выполнение аналитических расчётно-графических заданий по **Темам № 1.2 - 1.3**, включает вопросы:

Задачи оптимальной эксплуатации технологического оборудования, постановки и моделирование в разных условиях. Решения задач оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП. Задачи оптимального инвестирования производств, случай двух отраслей. Формулировки математических и экономических смыслов всех функций и величин.

Решение задачи ДП с дискретными переменными и табличными функциями критериев. Задачи оптимального инвестирования нескольких предприятий, алгоритмы решения. Случаи немонотонных функций отдачи. Задачи оптимальной эксплуатации оборудования с табличными функциями затрат, различные критерии оптимальности и способы задания условий. Графическое представление схемы решения уравнений и нахождения функций Беллмана. Задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП. Аналоги функций Беллмана в стохастической среде, критерии с математическим ожиданием результата.

Выполнение ИДЗ № 2.

1.3 Выполнение аналитических расчётно-графических заданий по **Темам № 2.1 – 2.2** включая вопросы: Примеры пространств функций в задачах ВИ.

Вычисление базовые норм и метрик функций. Постановка простейших краевых задач ВИ с закреплёнными концами. Примеры отсутствия решений, оптимизирующие последовательности и супремумы.

Приращения и вариации функционалов, аналоги производных по направлению. Уравнения Эйлера, различные случаи, первые интегралы уравнения. Условия трансверсальности на концах кривой. Условия Лежандра – Якоби. Роль условий выпуклости. Задача о брахистохроне: постановка, решение уравнения Эйлера, построение циклоиды по краевым условиям. Задача об оптимальном управлении капиталом и сбережениями в с классическими функциями полезности и производственной функцией на конечном времени, и с дисконтированием. Задачи динамической оптимизации работы фирмы. Задача оптимальной динамики монополистического производства. Задачи ВИ экономического роста со свободным концом, случаи отсутствия решений. Задача оптимального времени эксплуатации не возобновляемого природного ресурса.

Выполнение ИДЗ № 3.

1.4 Выполнение аналитических расчётно-графических заданий по **Темам № 3.1 - 3.2** включает вопросы:

Построение траекторий систем линейных ДУ с заданным кусочно постоянными управлениями. Примеры построения фазовых портретов простейших систем ДУ. Общая постановка основных задач ОУ, целевой интегральный функционал. Примеры и понятие множеств достижимости задачи ОУ. Траектория, начальные и терминальные условия. Допустимые управления и фазовые ограничения. Сведение задач ВИ к задачам ОУ. Формулировка принцип максимума Понтрягина (ПМП) для основных задач ОУ, его элементы, структура и алгоритмы применения. Решение простейших задач ОУ, задачи с линейными системами ДУ, гамильтониан и сопряжённые переменные, сопряжённая система уравнений. Условия трансверсальности в базовых задачах. Простейшая задача быстрогодействия, пример, синтез траекторий, фазовые диаграммы траекторий. Задачи ОУ с фазовыми ограничениями, лагранжианы для ограничений.

Выполнение ИДЗ № 4 .

1.5 Выполнение аналитических расчётно-графических заданий по **Темам № 3.2 - 3.3** включает вопросы:

Простейшая модель и задача ОУ потребления на конечном интервале с закреплёнными концами. Оптимальные режимы потребления. Модели поведения потребителя с ограничениями на управление. Синтез оптимальных управлений в одномерных задачах со свободным концом, картина допустимых фазовых траекторий. Канонические неоклассические односекторные модели оптимального экономического роста типа Рамсея, разные экзогенные факторы и параметры. Модель и задача оптимального управления запасами произведённых товаров. Одномерные модели из разных областей экономики. Достаточные условия оптимальности и роль свойств вогнутости гамильтониана. **Специальные модели и задачи ОУ с дополнительными условиями и ограничениями** . Оптимальное потребление в двухсекторной модели экономического роста Рамсея при ограничении на величину сбережений, подробная схема решения, построение фазового портрета. Двумерные динамические модели. Специфика решения задач ОУ на бесконечном горизонте управления. Задачи ОУ с неопределённой длиной периода планирования, минимизация времени процесса. Задачи с фазовыми ограничениями, простейшая модель управления запасами магазина.

Выполнение ИДЗ № 5 .

Образцы аналитических расчётно-графических заданий для самостоятельной работы.

1. Распределить оптимальным образом денежные средства инвестора величиной X между четырьмя предприятиями. От выделенной суммы зависит прирост выпуска продукции на предприятиях, значения которых приведены в таблице.

Денежные средства, X	Прирост выпуска продукции на предприятиях			
	1	2	3	4
20	9	11	13	12
40	17	33	29	35
60	28	45	38	40
80	38	51	49	54
100	46	68	61	73
120	68	80	81	92

2. Найти оптимальный план замены оборудования на период продолжительностью 6 лет, если годовой доход $r(t)$ и остаточная стоимость $S(t)$ в зависимости от возраста заданы в таблице, стоимость нового оборудования равна $P = 7$, а возраст оборудования к началу эксплуатационного периода составляет 1 год.

t	0	1	2	3	4	5	6
r(t)	9	8	7	7	7	6	6
S(t)	7	6	5	4	4	3	2

3. Задача об эксплуатации оборудования (условия задаются таблично) в течении 3-х лет.

t	0	1	2	3	4	5	6	P
r(t)	10	9	9	7	7	6	6	11
S(t)	11	9	7	5	4	3	2	—

t	0	1	2	3	4	5	6	P
$r(t)$	12	12	11	10	8	6	3	14
$S(t)$	11	9	7	5	4	3	2	—

t	0	1	2	3	4	5	6	P
$r(t)$	10	9	8	8	6	5	4	11
$S(t)$	9	8	7	5	3	3	2	—

Оборудование эксплуатируется в течение 3 лет, после этого продается. В начале каждого года можно принять решение сохранить оборудование или заменить его новым. Стоимость нового оборудования P_0 . После t лет эксплуатации оборудование можно продать за $S(t)$ рублей (ликвидная стоимость). Доходы от эксплуатации в течение года зависят от возраста t оборудования к началу этого года и равны $r(t)$. Определить оптимальную стратегию эксплуатации оборудования, чтобы суммарные доходы с учетом начальной покупки и заключительной продажи были максимальны.

4. Задача "Рубка леса". Решение методом Динамического программирования.

Условия 1 (Базовые условия эксплуатации и рубки леса). Участок леса сдаётся в аренду для полной вырубki леса в течении n периодов (лет). В каждом периоде рубится определённое количество леса, которое сразу продаётся, рубка осуществляется в начале периода. При этом цена зависит от объёма так, что выручка от продажи V_m^3 равна $P(V)$. Объём

древесины растущего леса увеличивается за период на c процентов. Перед началом срока аренды (перед началом 1-го периода) объём леса на участке равен V_0 . Целевым показателем эксплуатации участка является общая сумма денег, вырученная за все n периодов.

Условия 2 (С дополнением к Базовым Условиям 1, с дисконтом). В каждом периоде сумма, полученная от продажи леса, сразу кладётся в банк под q % годовых. И целевым показателем является общая сумма денег, которая будет на счету в банке по завершению всего срока аренды, после n периодов.

Задание 1. В Условиях 1 и Условиях 2 привести вывод функций Беллмана $Z_k^*(x_{k-1})$ и условных оптимальных управлений $u_k^*(x_{k-1})$ для $k = n; n-1; n-2$.

Задание 2. В Условиях 1 и Условиях 2 определить объёмы рубки леса в каждом периоде, и соответствующие целевые показатели, так, чтобы целевые показатели в каждом из Условий были максимальны. Использовать следующие данные: $n = 4$, $V_0 = N \cdot 10^4 \text{ м}^3$, $c = (10 + N \cdot 0,3)$ %. $P(v) = 20 \cdot V^\alpha$, $\alpha = \alpha(k)$ задано в таблице, где k - остаток от деления N на 15. $q = 3 + 0,1 \cdot N$. N - номер варианта.

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\alpha(k)$	1/7	1/3	1/4	1/5	2/3	3/4	2/5	3/5	4/5	1/6	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7

Задание 3. В Условиях 2 определить, на сколько процентов изменится оптимальный целевой показатель, вычисленный в Задании 2, если во втором периоде вырубить на 8% больше запланированного оптимального для этого периода объёма, а в последующие периоды рубить новые оптимальные объёмы, обеспечивающие (в новых условиях) максимально возможный целевой показатель.

5. Задача об оптимальной стратегии продажи экономического актива в течении n временных периодов.

Актив выставлен на продажу и должен быть продан в течении n временных периодов. Известно (или с большой достоверностью предполагается), что в каждый период поступает одно предложение о покупке по цене C_i с вероятностью P_i . Множества возможных значений цен и их вероятностей $\{C_1 \dots C_m\}$ и $\{P_1 \dots P_m\}$ даны. Рассчитать и описать оптимальную стратегию продажи, которой должен придерживаться продавец в течении всего периода продаж. $n=5, m=4$.

Варианты										
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_1	200	270	910	34	55	150	110	25	300	50
C_2	300	350	930	48	66	270	180	28	310	55
C_3	500	510	960	65	79	300	220	34	330	58
C_4	700	690	990	80	93	450	350	48	360	61
$100P_1$	15	25	20	10	15	25	35	30	15	05
$100P_2$	35	20	35	45	35	30	40	35	45	50
$100P_3$	30	40	30	30	30	25	15	20	25	35
$100P_4$										

6. Простейшая задача классического вариационного исчисления

Постановка задачи. *Простейшей задачей классического вариационного исчисления* называется следующая *экстремальная задача* в пространстве

$$C^1([t_0, t_1]): \quad \mathcal{J}(x(\cdot)) = \int_{t_0}^{t_1} L(t, x(t), \dot{x}(t)) dt \rightarrow \text{extr}; \quad (1)$$

$$x(t_0) = x_0, \quad x(t_1) = x_1.$$

$L(t, x, \dot{x})$ – называется *интегрантом*. Экстремум в задаче (7.1) рассматривается среди функций $x(\cdot) \in C^1([t_0, t_1])$, удовлетворяющих условиям на концах, или *краевым условиям* $x(t_0) = x_0, x(t_1) = x_1$. Такие функции $x(\cdot)$ называются *допустимыми*.

Правило решения

1. Формализовать задачу, т.е. привести ее к виду (1).
2. Выписать необходимые условия:

$$-\frac{d}{dt} \hat{L}_x(t) + \hat{L}_x(t) = 0.$$

3. Найти допустимые экстремали, т.е. решения уравнения Эйлера, являющиеся допустимыми функциями.

4. Доказать, что решением является одна из допустимых экстремалей, или показать, что решения нет.

Задачи

$$7.1. \int_0^1 \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 1, \quad x(1) = 0.$$

$$7.2. \int_0^{T_0} \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x(T_0) = \xi.$$

$$7.3. \int_0^1 (x - \dot{x}^2) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = x(1) = 0.$$

$$7.4. \int_0^{T_0} (\dot{x}^2 - x) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x(T_0) = \xi.$$

$$7.5. \int_0^1 (\dot{x}^2 + tx) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = x(1) = 0.$$

$$7.6. \int_0^1 (t^2 x - \dot{x}^2) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = x(1) = 0.$$

$$7.7. \int_0^{T_0} \dot{x}^3 dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x(T_0) = \xi.$$

$$7.8. \int_0^{3/2} (\dot{x}^3 + 2x) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x\left(\frac{3}{2}\right) = 1.$$

$$7.9. \int_0^{T_0} (\dot{x}^3 - \dot{x}^2) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x(T_0) = \xi.$$

$$7.10. \int_0^{T_0} (\dot{x}^3 + x^2) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0, \quad x(T_0) = \xi.$$

7. Задачи ВИ с подвижными концами.

Постановка задачи. *Задачей с подвижными концами* называется следующая задача в пространстве $C^1(\Delta) \times R^2$:

$$\mathcal{J}(x(\cdot), t_0, t_1) = \int_{t_0}^{t_1} L(t, x(t), \dot{x}(t)) dt + \psi_0(t_0, x(t_0), t_1, x(t_1)) \rightarrow \text{extr}; \quad (1)$$

$$\psi_i(t_0, x(t_0), t_1, x(t_1)) = 0, \quad i = 1, \dots, m. \quad (2)$$

Здесь Δ – заданный конечный отрезок, $t_0, t_1 \in \Delta$, $t_0 < t_1$, $L = L(t, x, \dot{x})$ – функция трех, а $\psi_i = \psi_i(t_0, x_0, t_1, x_1)$ – четырех переменных.

В отличие от задачи Больца и простейшей задачи классического вариационного исчисления, концы отрезка интегрирования являются подвижными, и следовательно, решение задачи включает в себя некоторую функцию $\hat{x}(\cdot)$ и тот отрезок $[t_0, t_1]$, на котором она рассматривается. Значения функции $x(\cdot)$ в точках t_0 и t_1 в общем случае могут быть, и не заданы.

Частным случаем (8.1), (8.2) является задача, в которой один из концов t_0 или t_1 – подвижный, а другой закреплён.

Тройка $(x(\cdot), t_0, t_1)$ называется *допустимой* в (1), если $x(\cdot) \in C^1(\Delta)$, $t_0, t_1 \in \text{int } \Delta$, $t_0 < t_1$ и выполняются условия (2) на концах.

Правило решения

1. Составить функцию Лагранжа:

$$\mathcal{L}(x(\cdot), t_0, t_1, \lambda) = \int_{t_0}^{t_1} \lambda_0 L(t, x, \dot{x}) dt + \sum_{i=0}^m \lambda_i \psi_i(t_0, x(t_0), t_1, x(t_1)),$$

где $\lambda_i = (\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_m) \in R^{m+1}$ – множители Лагранжа.

2. Выписать необходимые условия:

а) уравнение Эйлера

$$-\frac{d}{dt}\lambda_0\hat{L}_{\dot{x}}(t)+\lambda_0\hat{L}_x(t)=0;$$

б) условия трансверсальности по x :

$$\lambda_0\hat{L}_{\dot{x}}(\hat{t}_0)=\hat{l}_{x_0}, \lambda_0\hat{L}_{\dot{x}}(\hat{t}_1)=-\hat{l}_{x_1}$$

где $l=l(t_0, x_0, t_1, x_1)=\sum_{i=0}^m\lambda_i\psi_i(t_0, x_0, t_1, x_1)$;

в) условия стационарности по t_0, t_1 :

$$\hat{L}_{t_0}=0\Leftrightarrow-\lambda_0\hat{L}(\hat{t}_0)+\sum_{i=0}^m\lambda_i(\hat{\psi}_{i_{t_0}}+\hat{\psi}_{i_{x_0}}\hat{x}(\hat{t}_0))=0,$$

$$\hat{L}_{t_1}=0\Leftrightarrow-\lambda_0\hat{L}(\hat{t}_1)+\sum_{i=0}^m\lambda_i(\hat{\psi}_{i_{t_1}}+\hat{\psi}_{i_{x_1}}\hat{x}(\hat{t}_1))=0.$$

Условия стационарности выписываются только для подвижных концов.

3. Найти допустимые экстремали, т.е. решения уравнения Эйлера, являющиеся допустимыми функциями и удовлетворяющие условиям б), в) с вектором множителей Лагранжа λ , не равным нулю. λ_0 можно положить равным единице или любой другой, отличной от нуля константе.

4. Найти решение среди допустимых экстремалей или доказать, что решения нет.

Задачи

8.1. $\int_0^1 \dot{x}^2 dt \rightarrow extr; \quad x(0)=1.$

8.2. $\int_0^1 \dot{x}^2 dt + \alpha x^2(1) \rightarrow extr; \quad x(0)=0.$

8.3. $\int_0^T \dot{x}^2 dt \rightarrow extr; \quad x(0)=0, \quad T+x(T)+1=0.$

$$8.4. \int_0^T \dot{x}^2 dt \rightarrow extr; \quad x(0) = 0, \quad (T-1)x^2(T) + 2 = 0.$$

$$8.5. \int_0^T \dot{x}^3 dt \rightarrow extr; \quad x(0) = 0, \quad T + x(T) = 1.$$

$$8.6. \int_0^1 (\dot{x}^2 + x) dt \rightarrow extr; \quad x(1) = 0.$$

$$8.7. \int_0^{T_0} (x - \dot{x}^2) dt \rightarrow extr; \quad x(0) = 0.$$

$$8.8. \int_0^T (\dot{x}^2 + x) dt \rightarrow extr; \quad x(0) = 1.$$

$$8.9. \int_0^T (\dot{x}^2 + x) dt \rightarrow extr; \quad x(T) = T.$$

$$8.10. \int_0^T (\dot{x}^2 + x) dt \rightarrow extr; \quad x(0) = 0, \quad x(T) = \xi.$$

2. Самостоятельная работа по подготовке и написанию Аналитического реферата.

Методические указания к выполнению реферата. Цели и задачи реферата

Целями написания реферата являются:

- развитие у студентов навыков поиска актуальных проблем оптимального управления;
- развитие навыков краткого изложения материала с выделением лишь самых существенных моментов, необходимых для раскрытия сути проблемы;
- развитие навыков анализа изученного материала и формулирования собственных выводов по выбранному вопросу в письменной форме, научным, грамотным языком.

Задачами написания реферата являются:

- научить студента максимально верно передать мнения авторов, на основе работ которых студент пишет свой реферат;
- подготовить студента к дальнейшему участию в научно-практических конференциях, семинарах и конкурсах;
- помочь студенту определиться с интересующей его темой, дальнейшее раскрытие которой возможно осуществить при написании курсовой работы или выпускной квалификационной работы.

Основные требования к содержанию реферата

Реферат должен быть написан каждым студентом самостоятельно. Студент должен использовать только те литературные источники (научные статьи, монографии, пособия и т.д.), которые имеют прямое отношение к избранной им теме. Не допускаются отстраненные рассуждения, не связанные с анализируемой проблемой. Оглавление должно четко отражать основное содержание работы и обеспечивать последовательность изложения. Студенту необходимо строго придерживаться логики изложения – начинать с определения и анализа понятий, перейти к постановке проблемы, проанализировать пути ее решения и сделать соответствующие выводы. Работа должна быть достаточно краткой, но раскрывающей все вопросы содержания и тему.

Оформление реферата осуществляется в соответствии с Требованиями к оформлению письменных работ, выполняемых студентами и слушателями ДВФУ (2011 г.) или Методическими указаниями ШЭМ ДВФУ по выполнению и оформлению выпускных квалификационных и курсовых работ (сост. В.В. Лихачева, А.Б. Косолапов, Г.М. Сысоева, Е.П. Володарская, Е.С. Фищенко. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2014. – 43 с.).

Порядок сдачи реферата и его оценка

Реферат пишется студентами в сроки, устанавливаемые преподавателем по реализуемой дисциплине, и сдается преподавателю,

ведущему дисциплину.

При оценке реферата учитываются соответствие содержания выбранной теме, четкость структуры работы, умение работать с научной литературой и нормативными и техническими документами, логически мыслить, владеть профессиональной терминологией, грамотность оформления.

По результатам проверки реферата и его защиты студенту выставляется определенное количество баллов, которое учитывается при общей оценке промежуточной аттестации.

Критерии оценки реферата

– 100-86 баллов выставляется студенту, если студент выразил свое мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы, статистические сведения, информация нормативно-правового характера. Студент знает и владеет навыком самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно;

– 85-76 баллов – работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы;

– 75-61 балл – студент проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные

источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы;

– 60-50 баллов – если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст, без каких бы то ни было комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

Тематика рефератов

1. Модели и задачи ДП распределения ресурса.
2. Задачи и решения в модели экономического роста Рамсея в дискретном времени.
3. Примеры, модели и методы аналитических решений задач ДП для бесконечных горизонтов времени..
4. Дискретные модели и задачи оптимальной эксплуатации восстанавливаемых ресурсов (биоресурсы).
5. Модели и задачи ОУ политики и стратегий борьбы с эпидемиями.
6. Модели и стратегии близорукой политики инвестирования для ниспадающего горизонта.
7. Двумерные динамические модели рекламной и производственной политики фирмы.
8. Задачи ОУ в простых моделях динамических дифференциальных игр.
9. Финансовые модели оптимального регулирования потока наличных средств фирмы.
10. Модели и задачи оптимального управления запасами произведённых товаров при ограничениях и затратах на логистику.

11. Примеры сведения статических задач оптимизации к динамическим задачам ДП.
12. Нетривиальные модели и задачи ДП эксплуатации оборудования.
13. Модели и задачи ДП оптимального инвестирования в производства.
14. Задачи и модели ДП управления активами в стохастической среде.
15. Примеры отсутствия решений задач ВИ в конкретных пространствах функций при наличии оптимизирующей последовательности.
16. Запись и проверка условий второго порядка в задачах ВИ.
17. Изопериметрические задачи ВИ.
18. Задачи ВИ в моделях экономического роста.
19. Решение задачи о брахистохроне сведением к задаче ОУ.
20. Эвристические методы решения прикладных задач ОУ.
21. Задачи ОУ в моделях экономического роста.
22. Задачи ОУ в динамических моделях оптимизации работы фирмы.
23. Построение множеств достижимости в задачах ОУ с линейными системами ДУ.
24. Сведение задач ВИ к задачам ОУ, преимущества аппарата ОУ по сравнению с ВИ.
25. Простейшие и прикладные задачи быстрогодействия, примеры, синтез траекторий, фазовые диаграммы траекторий.
26. Модели и задачи оптимального управления запасами произведённых или торгуемых товаров.
27. Модели и задачи оптимизации рекламной деятельности.

28. Содержательные модели и задачи ОУ управления исчерпаемыми ресурсами.

29. Модели и задачи оптимального регулирования эпидемий

30. Модели оптимального регулирования загрязнением среды отходами производства.

Вопросы для самоконтроля

Вопросы для самоконтроля предназначены для самопроверки студентом усвоения теоретического материала, подготовки к выполнению и защите практических работ и сдаче экзамена. Для удобства пользования вопросы для самоконтроля разбиты по разделам и темам теоретической части курса дисциплины.

Раздел I. Элементы динамического программирования (12 час.)

Тема 1. Модель, постановка дискретной задачи динамического программирования (ДП) и метод её решения (4 час.)

Общая схема решения задач ДП, прямой и обратный ход расчётов.

1. Элементы и структура модели проблемы для решения методом ДП.
2. Постановка дискретной задачи ДП.
3. Фазовые переменные, управления, уравнения динамики процесса, траектория, графическое представление.
4. Принцип оптимальности Беллмана, запись уравнений Беллмана для каждого периода.
5. Общая схема решения задач ДП, прямой и обратный ход расчётов.
6. Простейшие примеры.

Тема 2. Реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными и функциями критериев.

1. Базовые задачи с непрерывными фазовыми и управляющими переменными.
2. Реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными и

функциями критериев.

3. Задачи оптимальной эксплуатации восстанавливаемых ресурсов, технологического оборудования и инвестирования производств.
4. Прямой вывод аналитической формы функций Беллмана и функций управления.
5. Расчёт величин в процедурах прямой и обратной итераций. Формулировки математических и экономических смыслов всех функций и величин.
6. Зависимость решений от параметров и начальных данных.

Тема 3. Реализация метода ДП в задачах с дискретными переменными и табличными функциями критериев.

1. Базовые задачи с дискретными фазовыми и управляющими переменными.
2. Особенности реализации метода ДП в задачах с дискретными переменными и функциями критериев, заданных таблично.
3. Задачи оптимального инвестирования предприятий, алгоритмы решения.
4. Постановки задач оптимальной эксплуатации оборудования с табличными функциями, различные критерии оптимальности и способы задания условий.
5. Схема решения задачи оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП.
6. Случай задания условий и критериев в виде смешанных функций.
7. Графические формы задач, решаемых методом ДП.
8. Задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП, аналоги функций Беллмана в стохастической среде, критерии с математическим ожиданием.
9. Запись управлений и соответствующих траекторий. Анализ зависимости от параметров задачи.

Раздел II. Элементы вариационного исчисления (ВИ) в оптимизации экономических процессов.

Тема 1. Теоретические основы и аппарат вариационного исчисления

1. Запись управлений и соответствующих траекторий. Анализ зависимости от параметров задачи.
2. Основные классы функций в задачах ВИ.
3. Пространства функций, базовые нормы и метрики.
4. «Слабые» и «сильные» окрестности функций.
5. Интегральный функционал, виды локальных и глобальных экстремумов.
6. Постановка простейших краевых задач ВИ с закреплёнными концами. Проблема существования решения в пространстве гладких функций, примеры, оптимизирующие последовательности и супремумы
7. Приращения и вариации функционалов, аналоги производных по направлению.
8. Дифференциалы Фреше и Гато. Вывод необходимых условий решения в виде уравнений Эйлера.
9. Различные случаи уравнений Эйлера, первые интегралы уравнения. Условия трансверсальности на концах кривой.
10. Вариации второго порядка, достаточные условия Лежандра – Якоби. Роль условий выпуклости.

Тема 2. Базовые примеры прикладных оптимизационных моделей и задач, решаемых методами ВИ.

1. Задача Дидоны, запись и решение.
2. Задача о брахистохроне как начало оптимального управления, постановка и решение с помощью уравнения Эйлера, нарушение условий гладкости, построение циклоиды.
3. Примеры и решения прикладных задач ВИ с экономическим содержанием.
4. Задача об оптимальном управлении капиталом и сбережениями в национальной экономике с классическими функциями полезности и производственной функцией на конечном интервале времени, и с дисконтированием.
5. Задачи динамической оптимизации работы фирмы.
6. Задача оптимальной динамики монополистического производства при разных зависимостях между спросом и предложением.

7. Задачи ВИ в макро моделях Гудвина и Хаавельмо.
8. Условия трансверсальности при разных реальных терминальных условиях.
9. Задачи ВИ экономического роста со свободным концом, случаи отсутствия решений.
10. Задача оптимального времени эксплуатации не возобновляемого природного ресурса, экономический смысл условий Эйлера.

Раздел III. Элементы математической теории оптимального управления (ОУ) и её приложений.

Тема 1. Теоретические основы и базовые задачи ОУ.

1. Общая постановка задачи ОУ, целевой интегральный функционал.
2. Система дифференциальных уравнений (ДУ) с управлениями.
3. Классы используемых функций для управлений.
4. Траектория, начальные и терминальные условия.
5. Множества достижимости.
6. Сведение задачи ВИ к задаче ОУ, преимущества аппарата ОУ по сравнению с ВИ.
7. Принцип максимума Понтрягина (ПМП) для основных задач ОУ, его структура и алгоритмы применения.
8. Гамильтониан и сопряжённые переменные, сопряжённая система уравнений.
9. Условия трансверсальности в базовых задачах.
10. Постановки основных задач ОУ, задачи с линейными системами ДУ, примеры решений.
11. Задача быстрогодействия, пример, синтез траекторий, фазовые диаграммы траекторий.
12. Задачи ОУ с фазовыми ограничениями, лагранжианы для ограничений.
13. Использование непрерывного варианта ДП для решения задач ОУ, трудности применения.

Тема 2. Простые прикладные одномерные модели и задачи ОУ на конечном времени и без фазовых ограничений.

1. Простейшая модель и задача ОУ потребления на конечном интервале с закреплёнными концами.
2. Оптимальные режимы потребления.
3. Модели поведения потребителя с ограничениями на управление.
4. Синтез оптимальных управлений в одномерных задачах со свободным концом, картина допустимых фазовых траекторий.
5. Динамическая модель потребителя, максимизирующего дисконтированную полезность выбором режима инвестирования в разные активы, учёт граничных и терминальных условий.
6. Запись и учёт условий трансверсальности.
7. Канонические неоклассические односекторные модели оптимального экономического роста типа Рамсея, разные экзогенные факторы и параметры. Роль свойств вогнутости гамильтониана.
8. Модель и задача оптимального управления запасами произведённых товаров. Маркетинговая модель Нелава - Эрроу оптимальной рекламной деятельности фирмы, управление брендовым капиталом.
9. Модель оптимизации рекламы Видала – Вольфа .
10. Одномерные модели управления лесными ресурсами, вырубко и посадки саженцев.
11. Содержательные модели управления исчерпаемыми ресурсами.
12. Модели оптимального регулирования эпидемий. Базовая модель и оптимальное регулирование загрязнением среды отходами производства.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Оптимальное управление»

Направление подготовки 38.03.05 Бизнес-информатика
Профиль подготовки: «Моделирование и оптимизация бизнес-процессов»

Форма подготовки очная

г. Владивосток

2016

Паспорт фонда оценочных средств

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Знает	Сущность и значение информации в развитии современного общества, а также методы и ин Математический аппарат теории оптимального управления; Модели экономической динамики; Принцип оптимального управления инструментарий для ее обработки
	Умеет	применять информационно-коммуникационных технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности
	Владеет	Устойчивыми навыками решения профессиональных задач на основе информационно-коммуникационных технологий навыками решения элементарных задач вариационного исчисления; навыками решения задач оптимального управления; навыками программирования задач оптимального управления
ПК-12 умение выполнять технико-экономическое обоснование проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия	Знает	Широко используемые методы оптимального управления для экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия
	Умеет	Применять экономико-математические методы и модели для решения конкретных экономических задач проводить фундаментальные и прикладные экономические исследования; принимать эффективные решения для управления экономическими процессам
	Владеет	Навыками выполнения технико-экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия с использованием методов оптимального управления

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
4.	Раздел I. Элементы динамического программирован	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), (Расч.-граф. работа ПР-14) № 1-2	Вопросы к экзамену № 1-10

	ия		умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) №1-2, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 1	Вопросы к экзамену № 1-10
			владеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) №1-2, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 1	Вопросы к экзамену № 1-10
5.	Раздел I. Элементы динамического программирования Раздел II. Элементы вариационного исчисления в оптимизации экономических процессов	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), дискуссия (УО-4), Конспект (ПР-7).	Вопросы к экзамену № 11-20.
			умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) № 3-4, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 2	Вопросы к экзамену № 11-20.
			владеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) № 3-4, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 2	Вопросы к экзамену № 11-20.
6.	Раздел II. Элементы ВИ в оптимизации экономических процессов Раздел III. Элементы математической теории ОУ оптимального	ОПК-1 ПК-12	знает	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4), Реферат (ПР-4).	Вопросы к экзамену № 21-30
			умеет	Расч.-граф. работа (ПР-14) № 5-7, Задачи (ПР-13), К/Р (ПР-2) № 3	Вопросы к экзамену № 21-30
			владеет	Собеседов. (УО-1), Конспект (ПР-7), дискуссия (УО-4), Реферат (ПР-4).	Вопросы к экзамену № 30-35

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационно и библиографичес	знает (пороговый уровень)	Сущность и значение информации в развитии современного общества, а также методы и ин Математический аппарат теории оптимального управления; Модели экономической динамики; Принцип оптимального управления инструментарий	знание основных методов решения стандартных задач профессиональной деятельности, связанных с построением математических моделей; основных требований	– способность перечислить и охарактеризовать основные методы построения математических моделей

кой культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности		для ее обработки	информационной безопасности	
	умеет (продвинутый)	применять информационно-коммуникационных технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности	Умение самостоятельно ориентироваться в информационно-коммуникационных технологиях, применять их при построении математических моделей	– способность осуществлять поиск информации в специализированных информационных справочных системах, необходимой для решения профессиональных задач, связанных с построением математических моделей;
	владеет (высокий)	Устойчивыми навыками решения профессиональных задач на основе информационно-коммуникационных технологий навыками решения элементарных задач вариационного исчисления; навыками решения задач оптимального управления; навыками программирования задач оптимального управления	навыками решения профессиональных задач, связанных с построением математических моделей с учетом основных требований информационной безопасности	– способность осуществлять поиск данных с помощью информационно-коммуникационных технологий для построения математических моделей – способность построить математические модели и проанализировать полученный результат
ПК-12 умение выполнять технико-экономическое обоснование проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия	знает (пороговый уровень)	Широко используемые методы оптимального управления для экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия	знание теоретических основ математической теории оптимального управления	способность рассказать теоретические основы построения математической модели экономической задачи
	умеет (продвинутый)	Применять экономико-математические методы и модели для решения конкретных экономических задач проводить фундаментальные и прикладные экономические исследования; принимать эффективные решения для управления экономическими процессам	умение применять системный подход и математический аппарат для формализации и решения прикладных задач с применением математических методов	способность применять системный подход к анализу текущей ситуации, для которой требуется построение математической модели; способность систематизировать и обобщать информацию, необходимую для построения математической модели
	владеет (высокий)	Навыками выполнения технико-экономического обоснования проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия с использованием методов оптимального управления	владение навыками системного моделирования динамических экономических процессов и постановки стандартных экономических задач	– способность сформулировать задачу и построить динамические модели; способность правильно использовать математический аппарат для формализации и решения прикладных экономических задач.

Оценочные средства для проверки сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Задание
ОПК-1 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Используя данные Примстата http://primstat.gks.ru/ о динамике регионального ВРП, оценить, во сколько раз нужно увеличить сегодняшний (средний) темп его роста, чтобы ВРП увеличился в 1.5 раза к 2030 году.
ПК-12 умение выполнять технико-экономическое обоснование проектов по совершенствованию и регламентацию бизнес-процессов и ИТ-инфраструктуры предприятия	Известна производственная функция отрасли (предприятия) $F(K, L)$. Планируются ежегодные инвестиции в размере 100 ед., идущие на увеличение производственного и человеческого капиталов. Составить задачу непрерывного оптимального управления инвестициями с критерием суммарного произведённого продукта.

Оценочные средства для текущей аттестации (типовые ОС по текущей аттестации и критерии оценки по каждому виду аттестации по дисциплине «Оптимальное управление»)

Типовые оценочные средства по текущей аттестации по дисциплине «Оптимальное управление» размещены в разделе рабочей учебной программы дисциплины «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся».

1. Аналитические, расчётно-графические задания даются по каждой пройденной Теме.

Критерии оценки выполнения аналитического расчётного задания

№ п/п	Критерий	Количество баллов
1	Готовность результатов самостоятельной работы в срок	10
2	Наличие ясной записи процесса решения и результатов на бумажном носителе.	40
3	Наличие Файл MS Excel с результатами расчётов.	10
4	Устные ответы, комментарии и пояснения, свидетельствующие о понимании решения ио	25

	самостоятельности выполнения.	
5	Использование в процессе выполнения задания рекомендуемой и иной литературы и источников.	15
	ИТОГО	100

2. После изучения Тем пишутся 1 - 2 контрольные работы.

Контрольная работа № 1 предназначена для проверки качества освоения студентами Тем № 1.1 – 1.3.

Образец контрольной работы № 1

1. Оборудование эксплуатируется в течение 3 лет, после этого продается. В начале каждого года можно принять решение сохранить оборудование или заменить его новым. Стоимость нового оборудования P_0 . После t лет эксплуатации оборудование можно продать за $S(t)$ рублей (ликвидная стоимость). Доходы от эксплуатации в течение года зависят от возраста t оборудования к началу этого года и равны $r(t)$. Определить оптимальную стратегию эксплуатации оборудования, чтобы суммарные доходы с учетом начальной покупки и заключительной продажи были максимальны

t	0	1	2	3	4	5	6	P
r(t)	9	8	7	6	6	5	4	9
S(t)	9	9	8	7	6	4	3	—

2. Актив выставлен на продажу и должен быть продан в течении n временных периодов. Известно, что в каждый период поступает одно предложение о покупке по цене C_i с вероятностью P_i . Множества возможных значений цен и их вероятностей $\{C_1 \dots C_m\}$ $\{P_1 \dots P_m\}$ даны. Рассчитать оптимальную стратегию продажи, которой должен придерживаться продавец в течении всего периода продажи. $n=5, m=3$.

3. Распределить оптимальным образом денежные средства инвестора величиной X между четырьмя предприятиями. От выделенной суммы зависит прирост выпуска продукции на предприятиях, значения которых приведены в таблице.

Денежные средства, X	Прирост выпуска продукции на предприятиях			
	1	2	3	4
20	9	11	13	12
40	17	33	29	35
60	28	45	38	40
80	38	51	49	54
100	46	68	61	73
120	68	80	81	92

4. Участок леса сдаётся в аренду для полной вырубке леса в течении n периодов (лет). В каждом периоде рубится определённое количество леса, которое сразу продаётся, рубка осуществляется в начале периода. При этом цена зависит от объёма так, что выручка от продажи V м³ равна $P(V)$. Объём древесины растущего леса увеличивается за период на c процентов. Перед началом срока аренды (перед началом 1-го периода) объём леса на участке равен V_0 . Целевым показателем эксплуатации участка является общая сумма денег, вырученная за все n периодов.

Контрольная работа № 2 предназначена для проверки качества освоения студентами Тем № 1.1 – 1.3. Образец контрольной работы № 2

Найти экстремали в простейших задачах классического вариационного исчисления с закреплёнными концами.

$$1. \int_0^1 \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 1, \quad x(1) = 0.$$

$$2. \int_0^1 (x - \dot{x}^2) dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = x(1) = 0.$$

Найти экстремали в задачах классического вариационного исчисления с подвижными концами.

$$3. \int_0^1 \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 1.$$

$$4. \int_0^1 \dot{x}^2 dt + \alpha x^2(1) \rightarrow \text{extr}; \quad x(0) = 0.$$

Найти управления и траектории, удовлетворяющие Принципу максимума Понтрягина. Проверить выполнение достаточных условий оптимальности.

$$5. \int_0^1 u^2 dt \rightarrow \text{extr}; \quad \ddot{x} - x = u, \quad x(0) = 1.$$

$$6. \int_0^T (u - x)^2 dt \rightarrow \min; \quad \dot{x} = \rho(u - x); \quad x(0) = x_0; \quad x(T) = x_1; \quad T - \text{фиксировано}$$

$$7. \int_0^{7\pi/4} x \sin t dt \rightarrow \text{extr}; \quad |\dot{x}| \leq 1, \quad x(0) = 0.$$

Критерии оценки выполнения контрольной работы

№ п/п	Критерий	Оценка
1	Менее 60% (по баллам за задачи)	Неудовлетворительно.
2	От 61% до 74%	Удовлетворительно
3	От 75% до 84%	Хорошо
4	Выше 85%	Отлично

3. Для закрепления системного освоения Теории игр, в органическом сочетании экономического содержания и математического инструментария

студенты выполняют задание по написанию **тематического аналитического Реферата.**

Примерная тематика рефератов (Дана в Приложении 1)

Критерии оценки выполнения аналитического реферата

№ п/п	Критерий	Количество баллов
1	Полнота реализации основных целей Аналитического реферата (цели из Указаний)	25
2	Аналитическая (математическая) содержательность (нетривиальность) представленных в работе моделей, конструкций, примеров и кейсов.	15
3	Экономическая содержательность (нетривиальность) и оригинальность представленных примеров и кейсов (данные, факты, инсайды и прочее).	25
4	Количество и научная авторитетность (серьёзность) <u>реально</u> использованных источников. А также масштаб и уровень использования материала в этих источниках.	15
5	Последовательность, логичность, ясность, оригинальность и самостоятельность (отсутствие плагиата) изложения текста.	15
6	Готовность реферата в срок	5
	ИТОГО	100

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов. Текущая аттестация студентов по дисциплине «Оптимальное управление» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Математическое моделирование» проводится в форме контрольных мероприятий (практические задания, контрольные работы, рефераты) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по

аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний (активность в ходе обсуждений материалов лекций, активное участие в дискуссиях с аргументами из дополнительных источников, внимательность, способность задавать встречные вопросы в рамках дискуссии или обсуждения, заинтересованность изучаемыми материалами);

– уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы (определяется по результатам контрольных работ, практических занятий, ответов на тесты);

– результаты самостоятельной работы (задания и критерии оценки размещены в Приложении 1).

Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Экзаменационные материалы (оценочные средства по промежуточной аттестации и критерии оценки)

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Оптимальное управление» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

По дисциплине «Оптимальное управление» предусмотрен экзамен в форме письменных ответов и устного собеседования.

- 1. Краткая характеристика процедуры применения используемого оценочного средства.** В результате посещения лекций, практических занятий, семинаров и круглых столов студент последовательно осваивает материалы дисциплины и изучает ответы на вопросы к зачету, представленные в структурном элементе ФОС IV.1. В ходе промежуточной аттестации студент готовит индивидуальное творческое зачетное задание (индивидуальное творческое зачетное задание размещено в структурном элементе ФОС IV.2). Критерии оценки студента на зачете представлены в структурном элементе ФОС IV.3. Критерии

оценки текущей аттестации – контрольная проверка знаний (лабораторная работа 1, лабораторная работа, групповое творческое задание) представлены в структурном элементе ФОС

2. Вопросы к зачёту.

Вопросы к зачёту по дисциплине "Оптимальное управление",

1. Модель и постановка дискретной задачи динамического программирования (ДП), структура и элементы.
2. Функции Беллмана, Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.
3. Общая схема решения задач ДП. Прямой и обратный ход расчётов.
4. Реализация метода ДП в задачах с непрерывными переменными. Задачи о заготовке леса.
5. Реализация метода ДП в задачах с дискретными условиями. Задачи оптимального инвестирования предприятий.
6. Общая постановка задачи оптимальной эксплуатации оборудования. Различные критерии оптимальности и способы задания условий.
7. Решение задачи оптимальной эксплуатации оборудования методом ДП, случай задания условий и критериев в виде функций.
8. Постановка задачи об оптимальной схеме продажи экономического актива и решение её методом ДП.
9. Основные классы функций в вариационном исчислении (ВИ). Нормы и метрики. Виды окрестностей функций.
10. Интегральный функционал в задачах ВИ. Различные экстремумы функционала.
11. Постановка простейшей задачи ВИ с фиксированными краевыми условиями. Примеры.
12. Проблема существования решений в различных классах функций, примеры отсутствия решений.
13. Приращения и вариации функционалов в ВИ. Уравнение Эйлера.
14. Леммы и схема вывода условий Эйлера.

15. Условия трансверсальности при разных реальных терминальных условиях, экономические интерпретации.
16. Задача о брахистохроне. Решение с помощью уравнения Эйлера.
17. Примеры задач ВИ с экономическим содержанием.
18. Траектории управляемых систем ДУ, траектории. Примеры.
19. Качество траекторий, интегральный функционал в ОУ.
20. Постановка базовых задач (ОУ) и их основные элементы. Классы используемых функций. Преимущества ОУ по сравнению с ВИ.
21. Ограничения и условия на фазовые и управляющие переменные в задачах ОУ.
22. Принцип максимума Понтрягина (ПМП) для решений некоторых задач ОУ на конечном интервале времени. Гамильтониан и сопряжённая система уравнений.
23. Условия трансверсальности для простейших краевых условий в задачах ОУ.
24. Постановка и решение простых задач на быстродействие.
25. Задача оптимального потребления со свободным концом, точки переключения режимов, экономическая интерпретация.
26. Односекторные модели и задачи оптимального экономического роста, разные экзогенные факторы и параметры.
27. Модель и задача оптимального управления запасами произведённых товаров.
28. Одномерные модели оптимального управления природными ресурсами.
29. Модели оптимального регулирования эпидемий.
30. Оптимальное потребление в двухсекторной модели экономического роста Рамсея
31. Достаточные условия оптимальности решений, удовлетворяющих ПМП.
32. Эвристические методы решения задач ОУ. Пример "наилучше» стратегии расширения производства.

33. Специфика решения задач ОУ на бесконечном горизонте управления.
34. Модель оптимального регулирования загрязнения среды производственными отходами .
35. Задачи с фазовыми ограничениями, простейшая модель управления запасами магазина.

**Критерии выставления зачёта студенту по
по дисциплине «Оптимальное управление»**

Баллы (рейтинго вой оценки)	Оценка «зачёт» (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
	75-100 «зачёт»	Оценка «зачёт» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Допускается знание только основного материала, без несущественных деталей, допускаются возможные неточности, недостаточно правильные формулировки, небольшие нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не критические затруднения при выполнении практических работ.
	0 - 74 «незачёт»	Оценка «незачёт» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.