

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра информационных систем и математических методов в экономике

Авторы-составители: **Максимов Владимир Петрович
Симонов Петр Михайлович
Мулюков Михаил Вадимович**

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Код УМК 87482

Утверждено
Протокол №9
от «21» мая 2019 г.

Пермь, 2019

1. Наименование дисциплины

Теория оптимального управления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **09.03.02** Информационные системы и технологии
направленность Информационные системы и технологии в экономике

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория оптимального управления** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

09.03.02 Информационные системы и технологии (направленность : Информационные системы и технологии в экономике)

ПК.1 Способность применять в исследовательской деятельности современный математический аппарат, разрабатывать на основе социально-экономической информации компьютерные модели, проводить вычислительные эксперименты с целью их верификации

Индикаторы

ПК.1.1 Применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	09.03.02 Информационные системы и технологии (направленность: Информационные системы и технологии в экономике)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	70
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	110
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Краткий исторический очерк

Краткий исторический очерк содержит описание основных исторических этапов развития теории экстремальных задач с конкретными примерами типичных для каждого этапа задач.

Тема 2. Задачи вариационного исчисления

Дается с доказательством вывод уравнения Эйлера с использованием Леммы Дюбуа Реймона. Для задач с квадратичным интегралом предлагаются эффективные достаточные условия экстремума.

Тема 3. Принцип максимума Понтрягина

Дается формулировка принципа максимума Л.С. Понтрягина. Излагается идея его доказательства методом игольчатых вариаций.

Приводятся примеры применения.

Тема 4. Достаточные условия оптимальности

Излагаются с доказательством достаточные условия оптимальности в форме В.Ф. Кротова.

Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

Подробно рассматривается пример применения достаточных условий оптимальности к решению задачи оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели с нелинейной производственной функции Кобба-Дугласа.

Тема 6. Задачи оптимального управления для процессов с дискретным временем

Излагаются аналоги основных теорем о достаточных условиях оптимальности применительно к динамическим моделям с дискретным временем.

Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана

С использованием основной теоремы о достаточных условиях оптимальности дается обоснование метода синтеза оптимального управления и вывод уравнения Гамильтона-Беллмана.

Итоговое контрольное мероприятие

Подготовка к итоговому экзамену предполагает систематизацию основных теоретических положений курса в соответствии со списком вопросов к экзамену.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Максимов В. П. Современные математические методы в экономике : Задачи управления и краевые задачи для линейных систем: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Прикладная математика и информатика"/В. П. Максимов.-Пермь,2014, ISBN 978-5-7944-2406-5.-1.-Библиогр.: с. 148-151 <https://elis.psu.ru/node/348777>
2. Лутманов С. В. Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3114-8.-1.-Библиогр.: с. 180 <https://elis.psu.ru/node/507855>
3. Максимов В. П. Теория оптимального управления: вводный курс лекций: учебное пособие/В. П. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3068-4.-84.-Библиогр.: с. 69 <https://elis.psu.ru/node/511095>

Дополнительная:

1. Максимов В. П., Симонов П. М. Теория оптимального управления: задачи и упражнения: учебно-методические материалы/В. П. Максимов, П. М. Симонов.-Пермь,2012.-40.
2. Лутманов С. В. Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3114-8.-1.-Библиогр.: с. 180 <https://elis.psu.ru/node/507855>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.apmath.spbu.ru/ru/staff/nogin/publ/publ5.pdf> Введение в теорию оптимального управления

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Теория оптимального управления** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: Образовательный процесс по дисциплине «Теория оптимального управления» предполагает:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. ПО Maplesoft Maple 26.12.21 (Система компьютерной алгебры MAPLE),
2. ПО Maplesoft Maple 15 26.12.21,
3. ПО Maple V Release 4 (свободное ПО),
4. Форсайт. Аналитическая платформа (свободное ПО).

Интернет-сервисы и электронные ресурсы:

<http://www.unn.ru/pages/issues/aids/2007/56.pdf>;

http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2007/k_Gromov4.pdf;

<http://www.zyev.science/seminar/control.pdf>;

<http://www.apmath.spbu.ru/staff/nogin/publ/publ5.pdf>

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

В учебном процессе для изучения дисциплины "Теория оптимального управления" для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы и текущего контроля требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Для текущего контроля и промежуточной аттестации требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Индивидуальные и групповые консультации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской или аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Теория оптимального управления**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ПК.1

Способность применять в исследовательской деятельности современный математический аппарат, разрабатывать на основе социально-экономической информации компьютерные модели, проводить вычислительные эксперименты с целью их верификации

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.1 Применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии</p>	<p>Использует информационные системы и технологии в экономике на основе применения современного математического аппарата, фундаментальных концепций и современных методологий. Знать методологию применения информационных систем и технологий в экономике. Уметь применять на практике современный математический аппарат и фундаментальные концепции. Владеть навыками использования современных информационных технологий.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не демонстрирует минимально необходимых навыков применения современного математического аппарата в исследовательской деятельности. Не владеет основными элементами фундаментальных концепций и современных методологий в сфере применения информационных систем и технологий в экономике. Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует минимально необходимые навыки применения в исследовательской деятельности современного математического аппарата. В основном владеет элементами фундаментальных концепций и современных методологий в сфере применения информационных систем и технологий в экономике. Уровень достижения компетенции соответствует минимальным требованиям для продолжения обучения.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Демонстрирует навыки применения в исследовательской деятельности современного математического аппарата. В целом владеет фундаментальными концепциями и современными методологиями в сфере применения информационных систем и технологий в экономике. Уровень достижения компетенции достаточен для успешного продолжения обучения.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Уверенно и профессионально применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии в сфере применения информационных систем и технологий в экономике.</p> <p>Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2019

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Краткий исторический очерк Входное тестирование	Владение основными определениями и понятиями теории задач на экстремум и линейной алгебры в рамках общего курса высшей математики.
ПК.1.1 Применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии	Тема 2. Задачи вариационного исчисления Письменное контрольное мероприятие	Понимание существа предлагаемой вариационной задачи. Умение поставить в соответствие краевую задачу Эйлера. Навыки решения уравнения Эйлера. Правильная реализация методики решения.
ПК.1.1 Применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии	Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели Письменное контрольное мероприятие	Правильное понимание постановки задачи. Представление об основных этапах исследования. Реализация метода решения с выполнением всех вычислительных процедур. Запись полного ответа с приведением графиков оптимального управления и оптимальной траектории.
ПК.1.1 Применяет в исследовательской деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и современные методологии	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Общее владение теоретическим материалом в пределах списка вопросов к экзамену. Уровень ответа на два вопроса из экзаменационного билета.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Краткий исторический очерк

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Даны правильные ответы на 8 из 10 предлагаемых вопросов.	8
Даны правильные ответы на 6 из 10 предлагаемых вопросов.	6
Даны правильные ответы на 5 из 10 предлагаемых вопросов.	5

Тема 2. Задачи вариационного исчисления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Предлагаемая задача решена правильно и полностью. Допускаются мелкие неточности в изложении решения задачи.	28
Предлагаемая задача решена с незначительным числом погрешностей. Изложение ответа содержит изъяны непринципиального характера.	20
Предлагаемая задача решена с погрешностями. Пропущены некоторые этапы исследования. Ответ не является полным.	15
Задача не решена (решение не доведено до конца). Основные этапы решения выполнены с принципиальными ошибками.	14

Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **6 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Продемонстрировано правильное понимание постановки задачи. Дано правильное представление об основных этапах исследования. Метод решения реализован полностью с выполнением всех вычислительных процедур. Дана запись полного ответа с приведением графиков оптимального управления и оптимальной траектории.	28
Продемонстрировано в целом правильное понимание постановки задачи. Дано в целом правильное представление об основных этапах исследования. Метод решения реализован полностью с выполнением всех вычислительных процедур, допущены некоторые неточности непринципиального плана. Дана запись полного ответа с приведением графиков	20

оптимального управления и оптимальной траектории.	
Продемонстрировано понимание общей постановки задачи при погрешностях в некоторых деталях. Представление об основных этапах исследования не препятствует попытке решить задачу. Метод решения в основном реализован, допущены погрешности вычислительного плана. Ответ дан с допустимыми погрешностями в интерпретации результата.	15
Продемонстрировано отсутствие понимания общей постановки задачи при погрешностях в основных деталях. Неполное представление об основных этапах исследования препятствует попытке решить задачу. Метод решения не реализован.	14

Итоговое контрольное мероприятие

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Правильный и полный ответ на оба вопроса билета. Правильные ответы на дополнительные вопросы.	35
Правильные ответы на оба вопроса билета. Допускаются незначительные погрешности. Часть дополнительных вопросов вызывает затруднения при ответе.	28
Ответы на оба вопроса даны, при этом допущены существенные погрешности в терминологии и по существу. Дополнительные вопросы вызывают затруднения.	20
Нет ответа на один из вопросов или ответы на оба вопроса демонстрируют недопустимо низкий уровень понимания.	19