

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное 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 «06» июня 2022 г.

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Теория оптимального управления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление подготовки: **01.03.05** Статистика
направленность Анализ больших данных

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

01.03.05 Статистика (направленность : Анализ больших данных)

ОПК.3 Способен осознанно применять методы математической и дескриптивной статистики для анализа количественных данных, в том числе с применением необходимой вычислительной техники и стандартных компьютерных программ, содержательно интерпретировать полученные результаты, готовить статистические материалы для докладов, публикаций и других аналитических материалов

Индикаторы

ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения

ПК.2 Способен к анализу, обоснованию и выбору решения на основе бизнес-анализа статистической информации с использованием информационных технологий

Индикаторы

ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности

4. Объем и содержание дисциплины

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 01.03.05 Статистика (направленность: Анализ больших данных) |
| 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 лабораторных работ, занятий по иностранному языку | 28 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 110 |
| Формы текущего контроля | Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (5) Итоговое контрольное мероприятие (1) |
| 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.

Лабораторная по исследованию задач вариационного исчисления

Решение задачи вариационного исчисления

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 аналогии 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

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

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

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

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

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

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

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

<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:

- 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

1. Лекционные занятия - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.
2. Лабораторные занятия - Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.
3. Самостоятельная работа - аудитория для самостоятельной работы, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.
4. Текущий контроль и промежуточная аттестация - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.
5. 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**

ОПК.3

Способен осознанно применять методы математической и дескриптивной статистики для анализа количественных данных, в том числе с применением необходимой вычислительной техники и стандартных компьютерных программ, содержательно интерпретировать полученные результаты, готовить статистические материалы для докладов, публикаций и других аналитических материалов

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|--|---|---|
| <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>При исследовании задач оптимального управления применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> <p>Знает основные подходы к исследованию задач оптимального управления. Умеет разрабатывать алгоритмы реализации основных методов исследования задач оптимального управления. Владеет навыками использования различных типов программного обеспечения.</p> | <p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Демонстрирует отсутствие способности к исследованию построенной математическую модели на соответствие проблемной ситуации. Не готов к разработке алгоритмов.</p> <p>Уровень достижения компетенции не позволяет продолжить обучение.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует минимально необходимый уровень способности к</p> <ul style="list-style-type: none"> - исследованию задачи оптимального управления на соответствие проблемной ситуации, - разработке алгоритмов, - интеграции различных типов программного обеспечения. <p>Уровень достижения компетенции позволяет продолжить обучение.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Уверенно и без грубых ошибок:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, - исследует построенную математическую модель на соответствие проблемной ситуации, - разрабатывает алгоритмы, - использует разнообразные пакеты прикладных программ. правильно оценивает эффективность их использования. <p>Уровень достижения компетенции достаточен для успешного продолжения обучения.</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-----------|---------------------------------|---|
| | | <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Уверенно и профессионально:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, - исследует построенную математическую модель на соответствие проблемной ситуации, - разрабатывает алгоритмы, - использует разнообразные пакеты прикладных программ. правильно оценивает эффективность их использования. <p>Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p> |

ПК.2

Способен к анализу, обоснованию и выбору решения на основе бизнес-анализа статистической информации с использованием информационных технологий

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|--|--|--|
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> | <p>Применительно к задачам оптимального управления определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий. Знает основные подходы к учету связей между элементами при постановке задач оптимизации.</p> <p>Умеет применять информационные технологии при идентификации параметров исследуемой задачи.</p> <p>Владеет навыками применения информационных технологий при исследовании прикладных задач.</p> | <p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Демонстрирует в целом недостаточную способность к определению связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий. Не умеет применять информационные технологии. Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение.</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Демонстрирует в целом удовлетворительную способность к определению связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий. Умеет применять информационные технологии.</p> <p>Навыки к разработке и внедрению новых методов и алгоритмов соответствуют минимально необходимому уровню. Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Демонстрирует способность к определению</p> |

| Индикатор | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|-----------|---------------------------------|---|
| | | <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий. Умеет уверенно применять информационные технологии. Обнаруживает уверенные навыки к разработке и внедрению новых методов и алгоритмов. Навыки к разработке и внедрению новых методов и алгоритмов носят явно выраженный характер. Уровень достижения компетенции дает возможность успешного продолжения обучения.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Демонстрирует в полной мере способность к определению связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий. Умеет уверенно применять информационные технологии. Навыки к разработке и внедрению новых методов и алгоритмов не вызывают сомнений. Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p> |

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : набор 2022

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 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|---|---|--|
| Входной контроль | Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Краткий исторический очерк Входное тестирование | Экстремум нескольких переменных, методы интегрирования |
| ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения | Тема 2. Задачи вариационного исчисления Защищаемое контрольное мероприятие | Задача о брахистохроме |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|--|
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>Тема 3. Принцип максимума Понтрягина</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p> | <p>Применение принципа максимума для задачи максимизации потребления при постоянной норме накопления</p> |
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>Тема 4. Достаточные условия оптимальности</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p> | <p>Применение принципа максимума для задачи максимизации потребления при постоянной норме накопления</p> |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|---|--|
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>Лабораторная по исследованию задач вариационного исчисления</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p> | <p>Решение задачи вариационного исчисления</p> |
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p> | <p>Решение задачи максимизации интегрального потребления для нелинейной модели экономики</p> |

| Компетенция (индикатор) | Мероприятие текущего контроля | Контролируемые элементы результатов обучения |
|--|--|---|
| <p>ПК.2.2 Определяет связи и зависимости между элементами информации бизнес-анализа в соответствии с выбранными подходами с применением информационных технологий в объеме, необходимом для целей системного анализа в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.4 Применяет на практике опыт решения задач с использованием базовых алгоритмов, анализа типов коммуникаций и интеграции различных типов программного обеспечения</p> | <p>Итоговое контрольное мероприятие</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p> | <p>Задача оптимального управления для процессов с дискретным временем. Метод Гамильтона - Якоби - Беллмана.</p> |

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Краткий исторический очерк

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

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

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

Проходной балл: **0**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| На все вопросы даны правильные ответы | 10 |
| Даны правильные ответы хотя бы на 5 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: **10**

Проходной балл: **4.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Построен график решения | 5 |
| Найдена точка переключения решения (с использованием вычислительных пактов) | 5 |

Тема 3. Принцип максимума Понтрягина

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Решена задача о максимизации потребления при постоянной норме накопления | 10 |
| Частично решена задача о максимизации потребления при постоянной норме накопления | 4.5 |

Тема 4. Достаточные условия оптимальности

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Найдены достаточные условия экстремального управления в задаче о максимизации потребления. Доказательство проведено безукоризненно | 10 |
| Найдены достаточные условия экстремального управления в задаче о максимизации потребления. Доказательство проведено не полностью или с ошибками | 4.5 |

Лабораторная по исследованию задач вариационного исчисления

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**

Проходной балл: **4.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Найдены необходимые условия экстремали | 5 |
| Найдены достаточные условия экстремали | 2.5 |
| Доказано отсутствие экстремального значения | 2.5 |

Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **8.5**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Задачи максимизации интегрального потребления для нелинейной модели экономики полностью решена | 20 |
| Задачи максимизации интегрального потребления для нелинейной модели экономики решена частично | 8.5 |

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: **17**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|--------------|
| Задача оптимального управления для процессов с дискретным временем | 20 |
| Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана | 20 |