

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра информационных систем и математических методов в экономике**

Авторы-составители: **Фролова Наталья Владимировна  
Васёва Галина Сергеевна  
Ильин Иван Вадимович  
Максимов Владимир Петрович**

Рабочая программа дисциплины  
**ТЕОРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**  
Код УМК 97096

Утверждено  
Протокол №8  
от «17» апреля 2024 г.

Пермь, 2024

## **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 подготовки: **38.03.05** Бизнес-информатика  
направленность Бизнес-аналитика

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

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

**38.03.05** Бизнес-информатика (направленность : Бизнес-аналитика)

**ОПК.1** Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

#### **Индикаторы**

**ОПК.1.1** Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук

**ОПК.1.3** Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук

**ПК.1** Способен к обоснованию решений

#### **Индикаторы**

**ПК.1.1** Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей

**ПК.1.2** Проводит анализ, обоснование и выбор решения

#### 4. Объем и содержание дисциплины

|                                                                     |                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Направление подготовки</b>                                       | 38.03.05 Бизнес-информатика (направленность: Бизнес-аналитика)                                             |
| <b>форма обучения</b>                                               | очная                                                                                                      |
| <b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>            | 10                                                                                                         |
| <b>Объем дисциплины (з.е.)</b>                                      | 3                                                                                                          |
| <b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>                                   | 108                                                                                                        |
| <b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>   | 42                                                                                                         |
| <b>Проведение лекционных занятий</b>                                | 14                                                                                                         |
| <b>Проведение практических занятий, семинаров</b>                   | 14                                                                                                         |
| <b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b> | 14                                                                                                         |
| <b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>                             | 66                                                                                                         |
| <b>Формы текущего контроля</b>                                      | Входное тестирование (1)<br>Итоговое контрольное мероприятие (1)<br>Письменное контрольное мероприятие (2) |
| <b>Формы промежуточной аттестации</b>                               | Экзамен (10 триместр)                                                                                      |

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Входной контроль**

Дается краткий исторический обзор задач оптимизации с примерами типичных задач вариационного исчисления и оптимального управления: древнейшие задачи(изопериметрические), задача о брахистохроне и др.

### **Тема 2. Задачи вариационного исчисления**

Рассматривается простейшая задача вариационного исчисления. На основе метода вариаций дается вывод уравнения Эйлера. Обсуждаются примеры применения уравнения Эйлера к исследованию конкретных модельных задач.

### **Тема 3. Принцип максимума Понтрягина**

Для задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории формулируются необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума Л.С. Понтрягина. Рассматривается в качестве примера задача о максимизации интегрального потребления для однопродуктовой экономической модели.

### **Тема 4. Достаточные условия оптимальности**

Формулируются и доказываются теоремы о достаточных условиях оптимальности в форме теорем В.Ф. Кротова. Рассматриваются иллюстрирующие примеры.

### **Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели**

Рассматривается задача о максимизации интегрального среднедушевого дисконтированного потребления для макроэкономической модели с производственной функцией Кобба-Дугласа. Исследование основано на применении Основной теоремы о достаточных условиях оптимальности.

### **Тема 6. Задачи оптимального управления для процессов с дискретным временем**

Для случая дискретного времени формулируются и обсуждаются варианты теорем о достаточных условиях оптимальности, являющиеся аналогами таких теорем для случая непрерывного времени.

### **Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана**

Рассматривается задача синтеза позиционного управления по принципу обратной связи. Выводятся основные соотношения метода Гамильтона-Беллмана для непрерывного и дискретного времени.

## **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 аудиторные 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. Лутманов С. В., Остапенко Е. Н. Оптимальное управление динамическими объектами: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов, Е. Н. Остапенко.-Пермь:ПГНИУ, 2022, ISBN 978-5-7944-3896-3.-163. <https://elis.psu.ru/node/643139>
2. 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>
3. 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>
4. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование. учебное пособие Ч. 1/П. М. Симонов ; М-во науки и высш. образования РФ, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь:ПГНИУ, 2019, ISBN 978-5-7944-3378-4.-230.-Библиогр. в конце глав <https://elis.psu.ru/node/601183>
5. 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. Теория оптимального управления: программа курса, варианты индивидуальных заданий, вопросы к итоговому экзамену/сост. В. П. Максимов.-Пермь, 2001.-44.
2. Теория оптимального управления : учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 147 с. — ISBN 978-5-7410-1505-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69954.html>
3. Лагоша Б. А., Апалькова Т. Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 "Математические методы в экономике" и другим экономическим специальностям/Б. А. Лагоша, Т. Г. Апалькова.-Москва: Финансы и статистика, 2008, ISBN 978-5-279-03183-2.-224.-Библиогр.: с. 201
4. Оптимальное управление/Э. М. Галеев [и др.] ; под ред.: Н. П. Осмоловского, В. М. Тихомирова.-Москва: Изд-во МЦНМО, 2008, ISBN 978-5-94057-367-8.-320.-Библиогр.: с. 311-312. - Предм. указ.: 319-320
5. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике : учебное пособие / Б. А. Лагоша. — Москва : Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 133 с. — ISBN 5-7764-0392-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/10731>

6. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование. учебное пособие Ч. 1/П. М. Симонов ; М-во науки и высш. образования РФ, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3378-4.-230.-Библиогр. в конце глав  
<https://elis.psu.ru/node/601183>

7. Лагоша Б. А. Оптимальное управление в экономике:учебник для вузов/Б. А. Лагоша.- Москва:Финансы и статистика,2003, ISBN 5-279-02575-5.-192.

## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

[https://books.google.ru/books?id=7Q\\_8AgAAQBAJ&pg=PA11&lpg=PA11&dq=%D0%92%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5+%D0%B2+%D1%8D%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1](https://books.google.ru/books?id=7Q_8AgAAQBAJ&pg=PA11&lpg=PA11&dq=%D0%92%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5+%D0%B2+%D1%8D%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1) Введение в экстремальные задачи

<http://mathhelpplanet.com/static.php?p=primery-variatsionnyh-zadach> Задачи вариационного исчисления

<https://www.youtube.com/watch?v=VQeHHI5raiw> Принцип максимума Понтрягина

[http://edu.alnam.ru/book\\_v\\_tau2.php?id=88](http://edu.alnam.ru/book_v_tau2.php?id=88) Достаточные условия оптимальности

[http://asu.ugatu.ac.ru/library/146/kniga\\_\\_\\_optimal\\_noe\\_upravlenie\\_v\\_ekonomike\\_\\_\\_avtor\\_\\_\\_b.a.\\_lagosh](http://asu.ugatu.ac.ru/library/146/kniga___optimal_noe_upravlenie_v_ekonomike___avtor___b.a._lagosh) Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5\\_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B) Задачи оптимального управления для процессов с дискретным временем

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0\\_%E2%80%94\\_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B1%D0%B8\\_%E2%80%94\\_%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%BC%D0%B0%D0%](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0_%E2%80%94_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B1%D0%B8_%E2%80%94_%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%BC%D0%B0%D0%) Метод Гамильтона □ Беллмана

## 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. Фортсайт. Аналитическая платформа (свободное ПО).

Интернет-сервисы и электронные ресурсы:

[http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2007/k\\_Gromov4.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 лабораторных работ требуется компьютерный класс с соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса, 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.

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.1**

**Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности**

| <b>Компетенция<br/>(индикатор)</b>                                                                                | <b>Планируемые результаты<br/>обучения</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Критерии оценивания результатов<br/>обучения</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК.1.3</b><br>Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук | Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук при решении прикладных экстремальных задач и задач оптимального управления.<br>Знает постановки основных экстремальных задач и подходов к их исследованию на основе метода вариаций.<br>Умеет применять необходимые условия оптимальности, достаточные условия оптимальности при решении типовых задач на экстремум с ограничениями.<br>Владеет навыками и приемами решения задач оптимизации с использованием стандартных методов, а также навыками использования компьютерного инструментария. | <p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Демонстрирует недостаточный уровень способности к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. Испытывает явные и принципиальные затруднения при попытке решения стандартной типовой задачи на экстремум. В целом не готов к использованию опыта решения стандартных задач, не имеет такого опыта.<br/>Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение.</p> |
|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует на необходимом уровне способность к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. В целом готов к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение.</p>                                                                                                                                 |
|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует способность к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации и допустимых решений для достижения заданных целевых показателей. Уверенно использует и при необходимости может расширять опыт решения задач оптимизации. Уровень достижения компетенции достаточен для успешного продолжения обучения</p>                                                                    |
|                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует в полной мере способность к</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| Компетенция<br>(индикатор)                                                                                                                                         | Планируемые результаты<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Критерии оценивания результатов<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <p><b>Отлично</b></p> <p>использованию опыта решения стандартных задач оптимизации и допустимых решений для достижения заданных целевых показателей.</p> <p>Уверенно, безошибочно и профессионально использует опыт решения стандартных задач оптимизации и при необходимости модифицирует существующие методы при исследовании актуальных прикладных задач экономики.</p> <p>Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b>ОПК.1.1</b></p> <p>Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук</p> | <p>Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач.</p> <p>Знает постановки основных типовых задач оптимизации, основные подходы к их исследованию на основе общего метода вариаций.</p> <p>Умеет применять базовые понятия, основные положения и основную терминологию при решении прикладных задач оптимизации с учетом особенностей задач экономической динамики.</p> <p>Владеет основными приемами и навыками решения типовых задач оптимального управления в классах программных и позиционных управлений.</p> | <p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Демонстрирует недостаточный уровень способности к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Испытывает явные и принципиальные затруднения при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач. В целом не готов к применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач.</p> <p>Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует удовлетворительный уровень способности к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Испытывает некоторые затруднения при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач.</p> <p>В целом готов к применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при</p> |

| Компетенция<br>(индикатор) | Планируемые результаты<br>обучения | Критерии оценивания результатов<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                    | <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>решении задач оптимального управления и вариационных задач.<br/>Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует уверенную способность к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления.<br/>Не испытывает видимых затруднений при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач.<br/>В целом готов к уверенному применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач. Уровень достижения компетенции позволяет успешно продолжать обучение.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует явную способность к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления.<br/>Показывает полную готовность к применению базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач и способность к модификаций известных методов и положений.<br/>В целом готов к уверенному безошибочному и профессиональному применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач.<br/>Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p> |

## ПК.1

### Способен к обоснованию решений

| Компетенция<br>(индикатор)                                          | Планируемые результаты<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Критерии оценивания результатов<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ПК.1.2</b><br>Проводит анализ,<br>обоснование и выбор<br>решения | Проводит анализ, обоснование<br>и выбор решения с<br>использованием методов<br>исследования задач на<br>условный экстремум с учетом<br>заданных ограничений.<br>Знает методологию применения<br>методов исследования задач<br>оптимизации с использованием<br>принципа максимума<br>Понтрягина для задач<br>оптимального управления и<br>условий локального экстремума<br>для вариационных задач.<br>Умеет применять на практике<br>современный математический<br>аппарат при решении<br>экстремальных задач.<br>Владеет навыками решения<br>типовых задач оптимального<br>управления и вариационных<br>задач.<br>Владеет навыками<br>использования современных<br>информационных технологий. | <b>Неудовлетворительн</b><br>Демонстрирует недостаточный уровень<br>способности к анализу, обоснованию и<br>выбору решения. Испытывает явные и<br>принципиальные затруднения при попытке<br>анализа и обоснования решения.<br>В целом не готов к использованию и<br>модификации существующих<br>математических моделей в сфере<br>математического моделирования и<br>информационных технологий в экономике.<br>Уровень достижения компетенции не<br>позволяет продолжать обучение.<br><br><b>Удовлетворительн</b><br>Демонстрирует на необходимом уровне<br>способность к анализу, обоснованию и<br>выбору решения на основе методов и<br>подходов теории оптимального управления.<br>В целом готов к использованию<br>существующих математических методов при<br>решении прикладных задач оптимизации.<br>Уровень достижения компетенции позволяет<br>продолжать обучение.<br><br><b>Хорошо</b><br>Демонстрирует способность к анализу,<br>обоснованию и выбору решения.<br>Уверенно использует и при необходимости<br>может модифицировать существующие<br>математические методы решения<br>прикладных задач оптимизации.<br>Уровень достижения компетенции<br>достаточен для успешного продолжения<br>обучения.<br><br><b>Отлично</b><br>Демонстрирует в полной мере способность к<br>анализу, обоснованию и выбору решения.<br>Уверенно, безошибочно и профессионально<br>использует и при необходимости<br>модифицирует существующие<br>математические методы при решении |

| Компетенция<br>(индикатор)                                                                                  | Планируемые результаты<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Критерии оценивания результатов<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p><b>Отлично</b></p> <p>актуальных прикладных задач оптимизации. Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><b>ПК.1.1</b></p> <p>Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей</p> | <p>Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей на основе методов и конструкций теории оптимального управления.</p> <p>Знает постановки основных задач теории оптимального управления и экстремальных задач с ограничениями и подходы к их решению.</p> <p>Умеет применять принцип максимума Понтрягина и достаточные условия оптимальности, необходимые условия экстремума для типовых вариационных задач.</p> <p>Владеет навыками решения типовых экстремальных задач с учетом заданных целевых показателей.</p> | <p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Демонстрирует недостаточный уровень способности к формированию допустимых решений для достижения заданных целевых показателей.</p> <p>Испытывает явные и принципиальные затруднения при попытке анализа допустимых решений.</p> <p>В целом не готов к использованию и модификации существующих математических моделей в сфере математического моделирования и информационных технологий в экономике.</p> <p>Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует на необходимом уровне способность к формированию допустимых решений для достижения заданных целевых показателей.</p> <p>В целом готов к использованию и модификации существующих математических моделей в сфере математического моделирования и информационных технологий в экономике.</p> <p>Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение.</p> <p><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует способность к формированию допустимых решений для достижения заданных целевых показателей.</p> <p>Уверенно использует и при необходимости может модифицировать существующие математические модели в сфере математического моделирования и информационных технологий в экономике.</p> <p>Уровень достижения компетенции достаточен для успешного продолжения обучения.</p> |

| Компетенция<br>(индикатор) | Планируемые результаты<br>обучения | Критерии оценивания результатов<br>обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |                                    | <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует в полной мере способность к формированию и анализу допустимых решений для достижения заданных целевых показателей.</p> <p>Уверенно, безошибочно и профессионально использует и при необходимости модифицирует существующие математические модели в сфере математического моделирования и информационных технологий в экономике.</p> <p>Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.</p> |

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**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<br>(индикатор)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Мероприятие<br>текущего контроля                                                            | Контролируемые элементы<br>результатов обучения                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Входной контроль</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Тема 1. Введение в экстремальные задачи.<br>Входной контроль<br><b>Входное тестирование</b> | Владение основными определениями и понятиями теории задач на экстремум и линейной алгебры в рамках общего курса высшей математики.                                                         |
| <b>ОПК.1.1</b><br>Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук<br><b>ПК.1.2</b><br>Проводит анализ, обоснование и выбор решения<br><b>ПК.1.1</b><br>Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей | Тема 2. Задачи вариационного исчисления<br><b>Письменное контрольное мероприятие</b>        | Понимание существа предлагаемой вариационной задачи. Умение поставить в соответствие краевую задачу Эйлера.<br>Навыки решения уравнения Эйлера.<br>Правильная реализация методики решения. |

| <b>Компетенция<br/>(индикатор)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Мероприятие<br/>текущего контроля</b>                                                                                     | <b>Контролируемые элементы<br/>результатов обучения</b>                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК.1.1</b><br>Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук<br><b>ПК.1.2</b><br>Проводит анализ, обоснование и выбор решения<br><b>ПК.1.1</b><br>Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей<br><b>ОПК.1.3</b><br>Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук | Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели<br><b>Письменное контрольное мероприятие</b> | 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. |
| <b>ОПК.1.1</b><br>Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук<br><b>ПК.1.2</b><br>Проводит анализ, обоснование и выбор решения<br><b>ПК.1.1</b><br>Формирует возможные решения на основе разработанных для них целевых показателей<br><b>ОПК.1.3</b><br>Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук | Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана<br><b>Итоговое контрольное мероприятие</b>                                                 | 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. Входной контроль**

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

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

Максимальный балл, выставаемый 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: **1 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: **2 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 оптимального управления и оптимальной траектории. | 20    |
| 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 14    |

|                                                                                                                                        |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                                                                                                        |  |
| основных деталях.Неполное представление об основных этапах исследования препятствует попытке решить задачуМетод решения не реализован. |  |

## Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

Максимальный балл, выставяемый 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    |