

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

Авторы-составители: **Луногов Игорь Владимирович**

Рабочая программа дисциплины  
**ТЕОРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ**  
Код УМК 95625

Утверждено  
Протокол №4  
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Теория оптимизации

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

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

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика  
направленность Инженерия программного обеспечения

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

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

**01.03.02** Прикладная математика и информатика (направленность : Инженерия программного обеспечения)

**ОПК.3** Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач

#### **Индикаторы**

**ОПК.3.2** Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи

#### 4. Объем и содержание дисциплины

|   |  |
|---|--|
| <b>Направления подготовки</b>                                     | 01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Инженерия программного обеспечения)          |
| <b>форма обучения</b>   | очная  |
| <b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>          | 4  |
| <b>Объем дисциплины (з.е.)</b>                                    | 4  |
| <b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>                                 | 144  |
| <b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b> | 56   |
| <b>Проведение лекционных занятий</b>                              | 28   |
| <b>Проведение практических занятий, семинаров</b>                 | 28   |
| <b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>                           | 88   |
| <b>Формы текущего контроля</b>                                    | Входное тестирование (1)<br>Защищаемое контрольное мероприятие (2)<br>Итоговое контрольное мероприятие (1) |
| <b>Формы промежуточной аттестации</b>                             | Экзамен (4 триместр)   |

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

### **Теория оптимизации**

#### **Гладкие конечномерные задачи оптимизации**

Задачи оптимизации. Формализация задач оптимизации. Гладкая конечномерная задача без ограничений.

#### **Задача выпуклого программирования**

Выпуклые множества и функции. Постановка задачи выпуклого программирования.

#### **Линейное программирование**

Постановка и формы записи задач линейного программирования. Графический метод решения задач линейного программирования. Симплекс-метод. Метод искусственного базиса. Двойственные задачи линейного программирования.

#### **Задачи оптимального управления**

Постановка задач оптимального управления: модели объекта, примеры задач оптимального управления, минимизируемый функционал, ограничения на траекторию, ограничения на управление.

#### **Принцип максимума Понтрягина**

Постановка задачи. Принцип максимума Понтрягина для задачи оптимального управления со свободным правым концом. Принцип максимума Понтрягина в общем случае.

#### **Метод динамического программирования**

Синтез законов оптимального управления непрерывными процессами при классических формах функционалов. Уравнение Беллмана. Методы решения уравнения Беллмана. Связь метода динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.

#### **Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов**

Решение линейно-квадратичной классической задачи АКОР для случая стабилизации при отсутствии возмущающих воздействий. Линейно-квадратичные стационарные задачи АКОР.

## **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. Кочегурова, Е. А. Теория и методы оптимизации : учебное пособие для академического бакалавриата / Е. А. Кочегурова. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 133 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-10090-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/433832>
2. Гончаров, В. А. Методы оптимизации : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Гончаров. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 191 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3642-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/425157>
3. Болдырев, Ю. Я. Вариационное исчисление и методы оптимизации : учебное пособие для вузов / Ю. Я. Болдырев. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 240 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-01707-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/438267>

### Дополнительная:

1. Алексеев В. М., Галеев Э. М., Тихомиров В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи: задачник для студентов вузов / В. М. Алексеев, Э. М. Галеев, В. М. Тихомиров. - Москва: Физматлит, 2007, ISBN 978-5-9221-0590-3. - 256. - Библиогр.: с. 252
2. Лутманов С. В., Аюпов В. В., Гамилова Л. В. Задачи оптимизации в конечномерных пространствах: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по группе мат. и мех. спец. / С. В. Лутманов, В. В. Аюпов, Л. В. Гамилова. - Пермь: ПГУ, 2007, ISBN 5-7944-0929-0. - 160. - Библиогр.: с. 157-159
3. Еремин И. И. Теория двойственности в линейной оптимизации / И. И. Еремин. - Челябинск: Изд-во "Библиотека А. Миллера", 2005, ISBN 5-931620-015-X. - 196. - Библиогр.: с. 193-194

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

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

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

Образовательный процесс по дисциплине **Теория оптимизации** 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. Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.)

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice»;

Специализированное программное обеспечение не требуется.

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

Для проведения лекционных занятий:

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий – Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте Компьютерного класса.

Аудитории для проведения текущего контроля;

Компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Аудитории для групповых (индивидуальных) консультаций;

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.



Аудитория для самостоятельной работы:

Аудитория оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

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 оптимизации**

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

**ОПК.3**

**Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач**

| Компетенция<br>(индикатор)   | Планируемые результаты<br>обучения  | Критерии оценивания результатов<br>обучения   |
|--|---|---|
| <p><b>ОПК.3.2</b><br/>Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи</p> | <p>В результате освоения курса студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знать: основные понятия и утверждения теории оптимизации;</li> <li>- уметь: применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;</li> <li>- владеть: основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</li> </ul> | <p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия и утверждения теории оптимизации;<br/>Не умеет применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;<br/>Не владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует общие, но не структурированные знания основных понятий и утверждений теории оптимизации;<br/>Демонстрирует частично сформированное умение применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;<br/>Частично мере владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает основные понятия и утверждения теории оптимизации;</p> |

| Компетенция<br>(индикатор) | Планируемые результаты<br>обучения | Критерии оценивания результатов<br>обучения  |
|----------------------------|------------------------------------|--|
|                            |                                    | <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Умеет применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;<br/> Владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует глубокие знания основных понятий и утверждений теории оптимизации;<br/> Демонстрирует сформированное умение применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания;<br/> В полной мере владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

| Компетенция (индикатор)  | Мероприятие текущего контроля   | Контролируемые элементы результатов обучения   |
|--|---|--|
| <b>Входной контроль</b>  | Гладкие конечномерные задачи оптимизации<br><b>Входное тестирование</b>           | Проверка остаточных знаний по высшей математике, дифференциальным уравнениям и основам программирования  |
| <b>ОПК.3.2</b><br>Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи | Линейное программирование<br><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>            | знать:- Понятие угловой точки в задачах линейного программирования.- Основы симплекс метода решения задач линейного программирования.- Как найти начальную угловую точку симплекс-методом (уметь сформулировать и решить вспомогательную задачу, для ответа на вопрос, имеет ли решение исходная задача) |
| <b>ОПК.3.2</b><br>Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи | Метод динамического программирования<br><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b> | знать.- Понятие стационарной точки функции одной и многих переменных.- Необходимое и достаточное условие экстремума.- Достаточное условие экстремума.- Метод множителей Лагранжа в задачах с ограничениями типа равенств.- Принцип двойственности в задачах выпуклого программирования.                  |

| <b>Компетенция<br/>(индикатор)</b>   | <b>Мероприятие<br/>текущего контроля</b>   | <b>Контролируемые элементы<br/>результатов обучения</b>          |
|--|--|--|
| <b>ОПК.3.2</b><br>Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи | Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов<br><b>Итоговое контрольное мероприятие</b> | Проверка знаний, умений и навыков, полученных при изучении курса |

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Гладкие конечномерные задачи оптимизации**

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

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

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

Проходной балл: **0**

| <b>Показатели оценивания</b> | <b>Баллы</b> |
|------------------------------|--------------|
|------------------------------|--------------|

#### **Линейное программирование**

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

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

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

Проходной балл: **13**

| <b>Показатели оценивания</b>  | <b>Баллы</b> |
|---|--------------|
| Знает постановки задач оптимального управления, формулировку принципа максимума для случаев свободных и закрепленных концов. Умеет решать задачи оптимального управления без ограничений на управляющую функцию.                                | 10           |
| Знает постановки задач оптимального управления, формулировку принципа максимума для случаев свободных и закрепленных концов. Умеет решать задачи оптимального управления с учетом ограничений (по модулю и компонентам) на управляющую функцию. | 10           |
| Умеет решать задачи оптимального быстродействия с использованием принципа максимума.  | 10           |

#### **Метод динамического программирования**

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

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

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

Проходной балл: **13**

| <b>Показатели оценивания</b>  | <b>Баллы</b> |
|---|--------------|
| Умеет, используя принцип максимума, сформулировать полную систему необходимых условий в задаче оптимального управления с ограничениями на управление, с фазовыми ограничениями. | 10           |
| Умеет решать задачи оптимального управления с использованием метода динамического программирования Беллмана   | 10           |

|   |    |
|---|----|
| Умет применять метод динамического программирования Беллмана для решения задач оптимального управления на неограниченном интервале времени. | 10 |
|---|----|

### **Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов**

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

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

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

Проходной балл: **17**

| <b>Показатели оценивания</b>   | <b>Баллы</b> |
|--|--------------|
| Ответ на дополнительные вопросы по билету и курсу в целом  | 20           |
| Знает постановки задач оптимального управления с фазовыми и смешанными ограничениями, формулировки теорем о достаточных условиях оптимальности. Знает приближенные методы решения краевой задачи принципа максимума. Знает метод динамического программирования Беллмана. Обладает навыками решения конкретных задач управления с использованием достаточных условий оптимальности в форме функции Беллмана. Умет применять метод динамического программирования Беллмана для решения задач оптимального управления на неограниченном интервале времени. | 10           |
| Знает постановки задач оптимального управления, формулировку принципа максимума для случаев свободных и закрепленных концов. Умеет исследовать простейшую задачу о быстродействии. Знает доказательство принципа максимума Понтрягина для задачи оптимального управления со свободным правым концом. Умеет применять теоретические результаты для решения конкретных задач оптимального управления.  | 10           |