

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

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

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

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Умеет применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; Владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации, методами решения конечномерных задач оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Демонстрирует глубокие знания основных понятий и утверждений теории оптимизации; Демонстрирует сформированное умение применять методы решения конечномерных задач оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; 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
Входной контроль	Гладкие конечномерные задачи оптимизации Входное тестирование	Проверка остаточных знаний по высшей математике, дифференциальным уравнениям и основам программирования
ОПК.3.2 Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи	Линейное программирование Защищаемое контрольное мероприятие	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)
ОПК.3.2 Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи	Метод динамического программирования Защищаемое контрольное мероприятие	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.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.2 Разрабатывает и реализует алгоритм решения прикладной задачи	Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов Итоговое контрольное мероприятие	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**

Показатели оценивания	Баллы
------------------------------	--------------

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**

Показатели оценивания	Баллы
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**

Показатели оценивания	Баллы
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, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
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