

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра вычислительной и экспериментальной механики

**Авторы-составители: Стрелкова Нина Александровна
Абрамова Ирина Владимировна**

**Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ
Код УМК 83089**

Утверждено
Протокол №6
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Теория оптимизации и управления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

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

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)

ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат

ПК.9 способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Интеллектуальный анализ данных и математическое моделирование)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
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
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	0
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Теория оптимизации и управления

Методы оптимизации

Гладкие конечномерные задачи оптимизации

Задачи оптимизации в науке и технике. Формализация задач оптимизации. Гладкая конечномерная задача без ограничений. Принцип Лагранжа для гладких конечномерных задач с ограничениями типа равенств и неравенств.

Задача выпуклого программирования

Выпуклые множества и функции. Постановка задачи выпуклого программирования. Теорема Куна–Таккера.

Линейное программирование

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

Коллоквиум

Проверка знаний студентов по разделу «Методы оптимизации».

Оптимальное управление

Задачи оптимального управления

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

Принцип максимума Понтрягина для задачи оптимального управления со свободным правым концом

Постановка задачи оптимального управления со свободным правым концом. Доказательство принципа максимума. Задача синтеза оптимального управления.

Принцип максимума Понтрягина в общем случае

Задача оптимального управления с фиксированным временем в общем случае. Задача оптимального управления в общем случае, когда начальный или конечный моменты времени не закреплены. Задача оптимального управления с фазовыми ограничениями.

Приближенные методы решения краевой задачи принципа максимума

Метод стрельбы, итерационные методы. Метод малого параметра в нелинейных задачах оптимального управления.

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.

Итоговое контрольное мероприятие

Проверка знаний студентов по разделу «Оптимальное управление».

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. Лутманов С. В. Вариационное исчисление и теория оптимального управления в примерах и упражнениях: учебное пособие для студентов, обучающихся по группе математических и механических специальностей/С. В. Лутманов.-Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1279-6.-200.-Библиогр.: с. 198-199
2. Андреева Е. А., Цирулева В. М. Вариационное исчисление и методы оптимизации: учебное пособие для студентов математических специальностей и направлений подготовки университетов/Е. А. Андреева, В. М. Цирулева.-Москва: Высшая школа, 2006, ISBN 5-06-004746-6.-584.-Библиогр. в конце глав

Дополнительная:

1. Лагоша Б. А., Апалькова Т. Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учебное пособие для студентов вузов/Б. А. Лагоша, Т. Г. Апалькова.-Москва: Финансы и статистика, 2008, ISBN 978-5-279-03183-2.-224.-Библиогр.: с. 201
2. Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В. Курс методов оптимизации/А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров.-Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0559-0.-368.-Библиогр.: с. 361-363
3. Ванько Вячеслав Иванович, Ермошина О. В., Кувыркин Г. Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление: Учеб. пособие/Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко.-М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, ISBN 5-7038-1370-0.-488.
4. 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
5. Пантелеев А. В., Летова Т. А. Методы оптимизации в примерах и задачах: учебное пособие для студентов вузов/А. В. Пантелеев, Т. А. Летова.-Москва: Высшая школа, 2005, ISBN 5-06-004137-9.-544.- Библиогр.: с. 543-544
6. 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
7. Афанасьев В. Н., Колмановский В. Б., Носов В. Р. Математическая теория конструирования систем управления: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика"/В. Н. Афанасьев, В. Б. Колмановский, В. Р. Носов.-Москва: Высшая школа, 2003, ISBN 5-06-004162-X.-614.- Библиогр.: с. 599-601
8. Асимптотические методы оптимального управления: учебно-методическое пособие по направлениям подготовки бакалавриата 010800 "Механика и математическое моделирование", 011000 "Механика. Прикладная математика"/М-во образования и науки РФ, Перм. гос. ун-т.-Пермь: Изд-во Перм. гос. ун-та, 2011.-77.-Библиогр.: с. 76
9. Методы оптимизации и теории управления : методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Методы оптимизации», «Математические методы теории управления» / составители Ю. И. Денисенко. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 18 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт].

<http://www.iprbookshop.ru/22891>

10. Понтрягин Л. С. Принцип максимума в оптимальном управлении: научное издание/Л.С. Понтрягин.- Москва: УРСС, 2004, ISBN 5-354-00817-4.-601.

11. Галеев Э. М. Оптимизация: Теория, примеры, задачи: учебное пособие/Э. М. Галеев.- Москва: КомКнига, 2010, ISBN 978-5-397-01176-1.-336.-Предм. указ.: с. 333-335

12. Покорный Ю. В. Оптимальные задачи: учебное пособие/Ю. В. Покорный.-Москва: Институт компьютерных исследований, 2008, ISBN 978-5-93972-667-2.-158.-Библиогр.: с. 157-158 (27 назв.)

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

<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 и управления** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем: Образовательный процесс по дисциплине предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью

подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами 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 и управления**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</p>	<p>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>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные понятия и утверждения теории оптимизации. Демонстрирует отсутствие навыков решения конечномерных задач оптимизации.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий теории оптимизации. Демонстрирует частично сформированное умение решать конечномерные задачи оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования рассматриваемых задач.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий теории оптимизации. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения решать конечномерные задачи оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования рассматриваемых задач. Умеет контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом теории оптимизации.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания основных понятий теории оптимизации. Сформированное умение решать конечномерные задачи оптимизации в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования задач оптимизации, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.9 способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы</p>	<p>ЗНАТЬ: основные понятия и утверждения теории оптимального управления; УМЕТЬ: применять методы решения задач оптимального управления в стандартных постановках, составлять и контролировать план выполняемой работы, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, оценивать результаты собственной работы, самостоятельно приобретать новые знания; ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом теории оптимального управления, методами решения задач оптимального управления, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p>	<p>Неудовлетворительн Не знает основные понятия и утверждения теории оптимального управления. Демонстрирует отсутствие навыков решения задач оптимального управления</p> <p>Удовлетворительн Общие, но не структурированные знания основных понятий теории оптимального управления. Демонстрирует частично сформированное умение решать задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования рассматриваемых задач.</p> <p>Хорошо Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий теории оптимального управления. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения решать задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования рассматриваемых задач. Умеет контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом теории оптимального управления.</p> <p>Отлично Сформированные систематические знания основных понятий теории оптимального управления. Сформированное умение решать задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования задач оптимального управления, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</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	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Гладкие конечномерные задачи оптимизации Входное тестирование	Проверка знаний базовых понятий и методов, необходимых для изучения курса «Теория оптимизации и управления»
ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	Контрольная работа 1 Письменное контрольное мероприятие	Знать общую теорию экстремальных задач и основные методы решения задач оптимизации. Уметь решать конечномерные задачи оптимизации с ограничениями типа равенств и неравенств, задачи линейного программирования. Владеть основным понятийным аппаратом и методами решения задач оптимизации.
ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	Коллоквиум Письменное контрольное мероприятие	Знать общую теорию и основные методы решения конечномерных задач оптимизации. Уметь применять изученные методы для решения типовых задач оптимизации. Уметь доказывать основные утверждения теории. Владеть основным понятийным аппаратом теории оптимизации, навыками теоретического анализа полученных результатов.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.9 способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы	Контрольная работа 2 Письменное контрольное мероприятие	Знать основные методы решения задач оптимального управления. Уметь применять основные формулы и изученные методы для решения конкретных задач оптимального управления. Владеть математическим аппаратом теории оптимального управления.
ПК.9 способность составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы	Итоговое контрольное мероприятие Итоговое контрольное мероприятие	Знать общую теорию и основные методы решения задач оптимального управления. Уметь применять изученные методы для решения типовых задач оптимального управления. Уметь доказывать основные утверждения теории. Владеть основным понятийным аппаратом теории оптимального управления; навыками теоретического анализа полученных результатов.

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
Входное тестирование	0

Контрольная работа 1

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **31**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Знает методы решения экстремальных задач без ограничений и умеет применять их для решения конкретных задач. 5 баллов: Обоснованно получен верный ответ. 4 балла: Решение в целом верное, но либо имеет пробелы (например, решение при правильном ответе недостаточно обосновано), либо содержит вычислительные ошибки. 3 балла: Правильно выписаны необходимые и достаточные условия экстремума, но либо получены не все точки локального экстремума функции, либо не найдены абсолютные минимум и максимум функции. При решении могут быть допущены негрубые ошибки и неточности. 2	5

<p>балла: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, или не найдены абсолютные минимум и максимум функции, при решении допущены грубые ошибки. 1 балл: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, не найдены абсолютные минимум и максимум функции. Решение не закончено. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.</p>	
<p>Умеет решать, с использованием метода множителей Лагранжа гладкие экстремальные задачи с ограничениями типа равенств. 5 баллов: Обоснованно получен верный ответ. 4 балла: Решение в целом верное, но либо имеет пробелы (например, решение при правильном ответе недостаточно обосновано), либо содержит вычислительные ошибки. 3 балла: Правильно выписаны необходимые и достаточные условия экстремума, но либо получены не все точки локального экстремума функции, либо не найдены абсолютные минимум и максимум функции. При решении могут быть допущены негрубые ошибки и неточности. 2 балла: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, или не найдены абсолютные минимум и максимум функции, при решении допущены грубые ошибки. 1 балл: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, не найдены абсолютные минимум и максимум функции. Решение не закончено. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.</p>	5
<p>Умеет решать, с использованием метода множителей Лагранжа гладкие экстремальные задачи с ограничениями типа равенств и неравенств. 5 баллов: Обоснованно получен верный ответ. 4 балла: Решение в целом верное, но либо имеет пробелы (например, решение при правильном ответе недостаточно обосновано), либо содержит вычислительные ошибки. 3 балла: Правильно выписаны необходимые и достаточные условия экстремума, но либо получены не все точки локального экстремума функции, либо не найдены абсолютные минимум и максимум функции. При решении могут быть допущены негрубые ошибки и неточности. 2 балла: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, или не найдены абсолютные минимум и максимум функции, при решении допущены грубые ошибки. 1 балл: Правильно выписаны необходимые условия экстремума, но не рассмотрены достаточные условия экстремума, не найдены абсолютные минимум и максимум функции. Решение не закончено. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.</p>	5
<p>Умеет применять метод искусственного базиса для решения задач линейного программирования. 5 баллов: Обоснованно получен верный ответ. 4 балла: Решение в целом верное, но содержит вычислительные ошибки. 3 балла: Правильно построена вспомогательная задача ЛП в канонической форме, верно найдены базисные переменные, правильно построены последующие симплекс-таблицы, неверно выписан окончательный ответ задачи или решение не завершено. 2 балла: Правильно построена вспомогательная задача ЛП в канонической форме и правильно построена первая симплекс-таблица, верно найден разрешающий элемент симплекс-таблицы, неправильно осуществлен переход к следующей симплекс-таблице, решение не закончено или получен неверный ответ. 1 балл: Правильно построена вспомогательная задача ЛП в канонической форме и правильно</p>	5

построена первая симплекс-таблица, верно найден разрешающий столбец симплекс-таблицы, но неправильно найден разрешающий элемент симплекс-таблицы, решение не закончено или получен неверный ответ. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	
Умеет применять симплекс-метод для решения задач линейного программирования. 5 баллов: Обоснованно получен верный ответ. 4 балла: Решение в целом верное, но содержит вычислительные ошибки. 3 балла: Правильно построена первая симплекс-таблица, верно найден разрешающий элемент симплекс-таблицы, правильно осуществлен переход к следующей симплекс-таблице, неверно выписан окончательный ответ задачи. 2 балла: Правильно построена первая симплекс-таблица, верно найден разрешающий элемент симплекс-таблицы, неправильно осуществлен переход к следующей симплекс-таблице, решение не закончено или получен неверный ответ. 1 балл: Правильно построена первая симплекс-таблица, верно найден разрешающий столбец симплекс-таблицы, но неправильно найден разрешающий элемент симплекс-таблицы, решение не закончено или получен неверный ответ. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	5
Умеет решать, с использованием графического метода задачи линейного программирования. 4 балла: Обоснованно получен верный ответ. 3 балла: Решение в целом верное, но содержит вычислительные ошибки. 2 балла: Правильно построено допустимое множество, но неверно найдены абсолютные минимум и максимум функции. При решении могут быть допущены негрубые ошибки и неточности. 1 балл: Неправильно построено допустимое множество, но для данной области верно найдены абсолютные минимум и максимум функции. При решении могут быть допущены негрубые ошибки и неточности. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	4
Знает основные утверждения теории двойственности, умеет построить задачу линейного программирования, двойственную к рассматриваемой задаче. 2 балла: Обоснованно получен верный ответ. 1 балл: Для двойственной задачи неправильно выписаны либо целевая функция, либо система ограничений, либо условие неотрицательности. 0 баллов: Решение не соответствует ни одному из критериев, перечисленных выше.	2

Коллоквиум

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **18**

Проходной балл: **8**

Показатели оценивания	Баллы
Знает постановку и формы записи задач линейного программирования. Умеет привести общую задачу линейного программирования к канонической форме. Знает основные методы решения задач линейного программирования. Знает теоремы теории двойственности. Умеет применять теоретические результаты для решения конкретных задач линейного программирования. 9 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки	9

<p>обоснованы. 7 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 3 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	
<p>Умеет правильно формализовать экстремальные задачи. Знает постановку гладких экстремальных задач без ограничений, с ограничениями типа равенств, с ограничениями типа равенств и неравенств, необходимые и достаточные условия для гладких экстремальных задач. Умеет использовать теоретические результаты для обоснования правильности решения конкретной задачи. Знает определения выпуклого множества и выпуклой функции, формулировку задачи выпуклого программирования. Знает доказательство леммы о глобальном минимуме в задаче выпуклого программирования и доказательство теоремы Куна–Таккера.</p> <p>9 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 7 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 3 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	9

Контрольная работа 2

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **31**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Знает постановки задач оптимального управления, формулировку принципа максимума для случаев свободных и закрепленных концов. Умеет решать задачи оптимального управления без ограничений на управляющую функцию.</p> <p>5 баллов: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении</p>	5

<p>математических преобразований, вычислений, выкладок. 1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	
<p>Умеет решать задачи оптимального быстрогодействия с использованием принципа максимума. 5 баллов: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	5
<p>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. 5 баллов: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	5
<p>Знает методы решения уравнения Беллмана. 5 баллов: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения</p>	5

рассматриваемого класса задач.	
<p>Умеет решать задачи оптимального управления с использованием метода динамического программирования Беллмана.</p> <p>5 баллов: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	5
<p>Умет применять метод динамического программирования Беллмана для решения задач оптимального управления на неограниченном интервале времени.</p> <p>3 балла: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок. 2 балла: Ответ на вопрос не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки. 1 балл: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	3
<p>Умеет, используя принцип максимума, сформулировать полную систему необходимых условий в задаче оптимального управления с ограничениями на управление, с фазовыми ограничениями.</p> <p>3 балла: Ответ на вопрос исчерпывающий, изложен без ошибок. 2 балла: Ответ на вопрос не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки. 1 балл: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено. 0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	3

Итоговое контрольное мероприятие

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

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

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

Проходной балл: **9**

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

<p>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.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 3 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	<p>10</p>
<p>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.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности. 5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований. 3 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок. 0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	<p>10</p>