



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление подготовки (специальность)
27.03.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Направленность (профиль/специализация) программы
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 20.10.2015 г. № 1171)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

12.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель _____ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры АСУ, канд. техн. наук _____ Е.С. Рябчикова

Рецензент:

зам. _____ директора ЗАО "КонсОМ СКС" , канд. техн. наук
Ю.Н. Волщук



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

выработать навыки проведения вычислительных экспериментов и численно-аналитических расчетов с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления для решения оптимизационных задач.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Методы оптимизации входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Программирование и основы алгоритмизации

Теория автоматического управления

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная – преддипломная практика

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Методы оптимизации» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	
Знать	<ul style="list-style-type: none">- классификацию методов статической оптимизации и методов решения задач линейного программирования;- алгоритмы реализации методов одномерной и многомерной оптимизации;- методы решения задач линейного программирования;- специальные методы решения оптимизационных задач при моделировании систем управления;- методы решения задач нелинейного программирования;
Уметь	<ul style="list-style-type: none">- решать задачи оптимального управления;- формулировать критерии оптимизации и оптимальности при моделировании систем управления;- производить формализацию задач оптимизации и оптимального управления;- работать со специализированным программным обеспечением для решения оптимизационных задач;- применять оптимизационные методы для исследования и проектирования математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления;

Владеть	<ul style="list-style-type: none">- методикой сведения практических задач оптимизации к канонической форме (формализации задач);- навыками реализации алгоритмов численной оптимизации с использованием программных средств;- аналитическим конструированием оптимальных регуляторов и практическими способами определения коэффициентов стабилизирующего управления.
---------	---

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 76,1 акад. часов;
- аудиторная – 72 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Статическая оптимизация								
1.1 Постановка и классификация задач оптимизации	7	2			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ПК-2
1.2 Задачи статической оптимизации. Основные понятия и определения. Способы задания целевых функций. Одномерные задачи оптимизации		4		12	6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ПК-2
1.3 Многомерные задачи оптимизации		6		12/2И	8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ПК-2
Итого по разделу		12		24/2И	16			
2. Линейное программирование								
2.1 Задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задач ЛП	7	4			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ПК-2

2.2 Геометрический способ решения ЗЛП		2		4/4И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ПК-2
2.3 Симплекс – метод решения ЗЛП		8		4/4И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ПК-2
2.4 Транспортная ЗЛП		6		4/4И	2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ПК-2
Итого по разделу		20		12/12И	8			
3. Нелинейное программирование								
3.1 Задачи нелинейного программирования (НЛП)	7	2			4,1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ПК-2
3.2 Методы множителей Лагранжа		2			4,1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ПК-2
Итого по разделу		4			8,2			
Итого за семестр		36		36/14И	32,2		экзамен	
Итого по дисциплине		36		36/14И	32,2		экзамен	ПК-2

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Методы оптимизации» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; практические работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; практические занятия с использованием проблемного обучения, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Гончаров, В. А. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / В. А. Гончаров. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 191 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-3642-1. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/463500> (дата обращения: 17.09.2020).

2. Токарев, В. В. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / В. В. Токарев. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 440 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04712-7. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/454017> (дата обращения: 17.09.2020).

б) Дополнительная литература:

1. Аттетков, А. В. Методы оптимизации: учебное пособие / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - Москва: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 270 с.: ил.; - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01037-2. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002733> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Кудрявцев, К. Я. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / К. Я. Кудрявцев, А. М. Прудников. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 140 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08523-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455825> (дата обращения: 17.09.2020).

3. Методы оптимизации: теория и алгоритмы : учебное пособие для вузов / А. А. Черняк, Ж. А. Черняк, Ю. М. Метельский, С. А. Богданович. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 357 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04103-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453567> (дата обращения: 17.09.2020).

4. Палий, И. А. Линейное программирование : учебное пособие для вузов / И. А. Палий. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 175 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04716-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/448940> (дата обращения: 17.09.2020).

в) Методические указания:

1. Рябчикова, Е. С. Методы и теории оптимизации : учебное пособие / Е. С. Рябчикова, С. М. Андреев, М. Ю. Рябчиков ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2722.pdf&show=dcatalogues/1/1132040/2722.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Методы оптимизации. Задачник : учебное пособие для вузов / В. В. Токарев, А. В. Соколов, Л. Г. Егорова, П. А. Мышкис. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 292 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10417-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/456290> (дата обращения: 17.09.2020).

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение		
Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Visual Studio 2010 Professional(для класса)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018	28.01.2020
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Федеральный образовательный портал – Экономика. Социология. Менеджмент	http://ecsocman.hse.ru/
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	http://webofscience.com
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний	http://www.springerprotocols.com/

Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	http://materials.springer.com/
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	http://www.springer.com/references
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH	http://zbmath.org/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer Nature»	https://www.nature.com/siteindex
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный консорциум» (НП НЭИКОН)	https://archive.neicon.ru/xmlui/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине «Методы оптимизации»

По дисциплине «Методы оптимизации» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение практических работ и доклад по полученным результатам, а также устный опрос о порядке выполнения практической работы, полученным умениям и навыкам. Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает самостоятельно изучение учебной литературы.

Примерные вопросы для устного опроса по выполненным практическим работам

1. Суть метода сканирования (метода полного перебора значений целевой функции).
2. Что такое интервал неопределенности и каков его окончательный размер при решении задачи методом перебора?
3. Как выбирается число просматриваемых точек интервала неопределенности при решении задачи одномерной оптимизации методом перебора?
4. Какие функции называются унимодальными?
5. Что называется золотым сечением отрезка?
6. Алгоритм поиска минимума методом золотого сечения.
7. Теоретическое обоснование метода золотого сечения.
8. На чем основан метод квадратичной интерполяции?
9. В чем заключается упорядочение значений целевой функции?
10. Каковы условия окончания поиска минимума целевой функции в методе золотого сечения и в методе квадратичной интерполяции?
11. Алгоритм поиска минимума методом покоординатного спуска.
12. В чем смысл условия прекращения поиска в методе покоординатного спуска?
13. Что такое градиент функции? Что он характеризует?
14. Как определяется модуль градиента? Что он определяет?
15. Сущность метода градиентного спуска.
16. Чем метод наискорейшего спуска отличается от метода градиентного спуска?
17. Условие окончания поиска в градиентных методах.
18. Что такое эффект «оврагов»?
19. Что такое поиск по образцу в методе конфигурации?
20. Когда прекращается поиск минимума в методе Хука-Дживса?
21. В чем заключается суть процедур «отражения», «растяжения» и «сжатия» в методе Нелдера-Мида?
22. Каковы условия окончания поиска минимума целевой функции в методе золотого сечения и в методе квадратичной интерполяции?
23. В чем заключается геометрический смысл задачи линейного программирования?
24. Какой вид может иметь область допустимых решений при геометрическом методе решения ЗЛП?
25. Что определяет вектор-градиент целевой функции? Как его построить?
26. В чем заключается фундаментальная теорема симплекс-метода?
27. Как осуществляется переход к канонической форме записи задачи линейного программирования?

28. Как проверить совместность системы ограничений задачи линейного программирования? Какой будет вывод, если система ограничений несовместна?
29. Как проверить ограниченность целевой функции? Какой будет вывод, если целевая функция неограниченна?
30. Какое базисное решение считается допустимым в симплекс-методе? Как поступить, если базисное решение оказалось недопустимым?
31. Какое базисное решение считается оптимальным в симплекс-методе? Как поступить, если базисное решение оказалось неоптимальным?
32. Как определить разрешающий элемент в симплекс-таблице?
33. В чем заключается «правило прямоугольника» при преобразовании симплекс-таблицы?
34. Как математически сформулировать транспортную задачу линейного программирования?
35. В чем заключается необходимое и достаточное условия разрешимости транспортной задачи?
36. Как составить исходный опорный план транспортной задачи методом северо-западного угла и методом минимального элемента?
37. В чем суть метода потенциалов при решении транспортной задачи?
38. Что понимается под циклом в транспортной задаче?
39. Какой опорный план в транспортной задаче считается оптимальным?

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Методы оптимизации»

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p>способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления (ПК-2)</p>		
<p>Знать</p>	<ul style="list-style-type: none"> – классификацию методов статической оптимизации и методов решения задач линейного программирования; – алгоритмы реализации методов одномерной и многомерной оптимизации; – методы решения задач линейного программирования; – специальные методы решения оптимизационных задач при моделировании систем управления; – методы решения задач нелинейного программирования; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка задачи оптимизации. Основные этапы построения математических моделей оптимизации. 2. Классификация задач оптимизации. 3. Примеры постановки задач оптимизации. 4. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом производной и методом полного перебора 5. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом золотого сечения 6. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом квадратичной интерполяции 7. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом покоординатного спуска 8. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации градиентными методами 9. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом наискорейшего спуска 10. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом конфигурации 11. Многомерные задачи оптимизации. Симплексный метод прямого поиска Нелдера-Мида. 12. Понятие линейного программирования. Постановка задачи линейного

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>программирования в общем виде.</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Геометрический метод решения задач линейного программирования 14. Симплекс-метод линейного программирования: общая суть метода 15. Симплекс-метод линейного программирования: порядок работы с симплекс-таблицей 16. Симплекс-метод линейного программирования: пример решения ЗЛП 17. Транспортная задача линейного программирования: формулировка транспортной задачи 18. Транспортная задача линейного программирования: математическая модель транспортной задачи в общем виде 19. Транспортная задача линейного программирования: пример составления математической модели транспортной задачи 20. Транспортная задача линейного программирования: метод северо-западного угла 21. Транспортная задача линейного программирования: метод потенциалов. 22. Нелинейное программирование: понятие, постановка задачи НЛП в общем виде. 23. Особенности задач нелинейного программирования. 24. Классификация задач и методов НЛП. 25. Нелинейное программирование. Метод множителей Лагранжа. 26. Нелинейное программирование. Теорема Куна-Таккера.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – решать задачи оптимального управления; – формулировать критерии оптимизации и оптимальности при моделировании систем управления; – производить формализацию задач оптимизации и оптимального управления; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Найти на отрезке $[-10,10]$ абсциссу точки минимума заданной одномерной целевой функции с абсолютной погрешностью, не превышающей $0,01$: $U = x^2 + k_1 \cdot \exp(k_2 \cdot x)$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																								
	<ul style="list-style-type: none"> – работать со специализированным программным обеспечением для решения оптимизационных задач; – применять оптимизационные методы для исследования и проектирования математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления; 	<table border="1" data-bbox="1025 395 1989 820"> <thead> <tr> <th>Номер варианта</th> <th>k_1</th> <th>k_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,0</td><td>-0,85</td></tr> <tr><td>2</td><td>2,0</td><td>-0,65</td></tr> <tr><td>3</td><td>3,0</td><td>-0,45</td></tr> <tr><td>4</td><td>4,0</td><td>-0,25</td></tr> <tr><td>5</td><td>5,0</td><td>-0,05</td></tr> <tr><td>6</td><td>6,0</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>7</td><td>7,0</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>8</td><td>8,0</td><td>0,55</td></tr> <tr><td>9</td><td>9,0</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>10</td><td>10,0</td><td>0,95</td></tr> </tbody> </table> <p data-bbox="972 882 2089 951">2. Минимизировать методом многомерной оптимизации целевую функцию с абсолютной погрешностью, не превышающей 0,01:</p> $U = f(x_1, x_2) = a \cdot x_1 + b \cdot x_2 + \exp(c \cdot x_1^2 + d \cdot x_2^2).$ <table border="1" data-bbox="1010 1075 2004 1426"> <thead> <tr> <th>Номер варианта</th> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1,0</td><td>-1,4</td><td>0,01</td><td>0,11</td></tr> <tr><td>2</td><td>2,0</td><td>-1,3</td><td>0,04</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>3</td><td>3,0</td><td>-1,2</td><td>0,02</td><td>0,13</td></tr> <tr><td>4</td><td>4,0</td><td>-1,1</td><td>0,16</td><td>0,14</td></tr> <tr><td>5</td><td>5,0</td><td>-1,0</td><td>0,25</td><td>0,15</td></tr> <tr><td>6</td><td>6,0</td><td>-0,9</td><td>0,36</td><td>0,16</td></tr> <tr><td>7</td><td>7,0</td><td>-0,8</td><td>0,49</td><td>0,17</td></tr> <tr><td>8</td><td>8,0</td><td>-0,7</td><td>0,64</td><td>0,18</td></tr> <tr><td>9</td><td>9,0</td><td>-0,6</td><td>0,81</td><td>0,19</td></tr> <tr><td>10</td><td>10,0</td><td>-0,5</td><td>0,94</td><td>0,20</td></tr> </tbody> </table>	Номер варианта	k_1	k_2	1	1,0	-0,85	2	2,0	-0,65	3	3,0	-0,45	4	4,0	-0,25	5	5,0	-0,05	6	6,0	0,15	7	7,0	0,35	8	8,0	0,55	9	9,0	0,75	10	10,0	0,95	Номер варианта	a	b	c	d	1	1,0	-1,4	0,01	0,11	2	2,0	-1,3	0,04	0,12	3	3,0	-1,2	0,02	0,13	4	4,0	-1,1	0,16	0,14	5	5,0	-1,0	0,25	0,15	6	6,0	-0,9	0,36	0,16	7	7,0	-0,8	0,49	0,17	8	8,0	-0,7	0,64	0,18	9	9,0	-0,6	0,81	0,19	10	10,0	-0,5	0,94	0,20
Номер варианта	k_1	k_2																																																																																								
1	1,0	-0,85																																																																																								
2	2,0	-0,65																																																																																								
3	3,0	-0,45																																																																																								
4	4,0	-0,25																																																																																								
5	5,0	-0,05																																																																																								
6	6,0	0,15																																																																																								
7	7,0	0,35																																																																																								
8	8,0	0,55																																																																																								
9	9,0	0,75																																																																																								
10	10,0	0,95																																																																																								
Номер варианта	a	b	c	d																																																																																						
1	1,0	-1,4	0,01	0,11																																																																																						
2	2,0	-1,3	0,04	0,12																																																																																						
3	3,0	-1,2	0,02	0,13																																																																																						
4	4,0	-1,1	0,16	0,14																																																																																						
5	5,0	-1,0	0,25	0,15																																																																																						
6	6,0	-0,9	0,36	0,16																																																																																						
7	7,0	-0,8	0,49	0,17																																																																																						
8	8,0	-0,7	0,64	0,18																																																																																						
9	9,0	-0,6	0,81	0,19																																																																																						
10	10,0	-0,5	0,94	0,20																																																																																						

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Решить задачу линейного программирования геометрическим методом:</p> $f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 10 \\ -2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + 4x_2 \geq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$ <p>4. Решить задачу линейного программирования симплекс-методом:</p> $f = 2x_1 + 7x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 14 \\ x_1 + x_2 \leq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$ <p>5. Решить транспортную задачу линейного программирования.</p> <p>На складах А, В, С имеются запасы продукции в количествах 90, 400, 110 т. соответственно. Потребители М, Н, К должны получить эту продукцию в количествах 140, 300, 160 т. соответственно. Найти такой вариант прикрепления поставщиков к потребителям, при котором сумма затрат на перевозки была бы минимальной. Расходы по перевозке 1 т. продукции заданы таблицей (у.е.).</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \\ 3 & 6 & 8 \end{pmatrix}$
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – методикой сведения практических задач оптимизации к канонической форме (формализации задач); – навыками реализации алгоритмов численной оптимизации с использованием программных средств; – аналитическим конструированием оптимальных регуляторов и практическими способами определения коэффициентов стабилизирующего управления. 	<p>1. В результате эксперимента определены значения некоторой величины $y - y^{\text{э}}(x_i)$, соответствующие определенным значениям другой переменной $x - x_i$. При этом установлено, что между величинами y и x существует функциональная зависимость, причем вид функции $y^{\text{T}} = f(x_i) = ax_i^2 + bx_i + c$ известен. Требуется с помощью метода многомерной оптимизации определить такое значение параметров a, b, c этой функции, при которых сумма квадратов отклонений экспериментальных данных от расчетных значений будет минимальна:</p> $U = \sum_{i=1}^n [y^{\text{э}}(x_i) - y^{\text{T}}(x_i)]^2 \rightarrow \min .$ <p>После этого, для найденных значений коэффициентов a, b, c необходимо построить график функции $y^{\text{T}} = f(x)$ и отметить на нем экспериментальные точки. Значения параметров a, b, c следует искать с абсолютной погрешностью $\varepsilon = 0,01$.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																																																																																																																																																																	
		<table border="1" data-bbox="927 395 2069 1023"> <thead> <tr> <th rowspan="2">x_i</th> <th colspan="10">Значения $y_i = y(x_i)$</th> </tr> <tr> <th>№ 1</th> <th>№ 2</th> <th>№ 3</th> <th>№ 4</th> <th>№ 5</th> <th>№ 6</th> <th>№ 7</th> <th>№ 8</th> <th>№ 9</th> <th>№ 10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2,05</td><td>2,09</td><td>2,02</td><td>1,99</td><td>2,23</td><td>2,07</td><td>2,18</td><td>-0,10</td><td>-0,16</td><td>2,09</td></tr> <tr><td>2</td><td>1,94</td><td>2,05</td><td>1,98</td><td>2,03</td><td>2,29</td><td>2,17</td><td>2,43</td><td>-0,21</td><td>0,01</td><td>2,31</td></tr> <tr><td>3</td><td>1,92</td><td>2,19</td><td>1,67</td><td>2,20</td><td>2,27</td><td>2,21</td><td>2,40</td><td>0,01</td><td>0,10</td><td>2,72</td></tr> <tr><td>4</td><td>1,87</td><td>2,18</td><td>1,65</td><td>2,39</td><td>2,62</td><td>2,31</td><td>2,43</td><td>0,05</td><td>0,16</td><td>2,77</td></tr> <tr><td>5</td><td>1,77</td><td>2,17</td><td>1,57</td><td>2,19</td><td>2,72</td><td>2,10</td><td>2,65</td><td>-0,13</td><td>0,05</td><td>2,78</td></tr> <tr><td>6</td><td>1,88</td><td>2,27</td><td>1,42</td><td>2,61</td><td>2,82</td><td>2,09</td><td>2,75</td><td>-0,23</td><td>0,35</td><td>2,97</td></tr> <tr><td>7</td><td>1,71</td><td>2,58</td><td>1,37</td><td>2,35</td><td>3,13</td><td>2,12</td><td>2,67</td><td>-0,21</td><td>0,19</td><td>3,00</td></tr> <tr><td>8</td><td>1,60</td><td>2,73</td><td>1,07</td><td>2,60</td><td>3,49</td><td>1,63</td><td>2,66</td><td>-0,43</td><td>0,50</td><td>3,51</td></tr> <tr><td>9</td><td>1,56</td><td>2,82</td><td>0,85</td><td>2,55</td><td>3,82</td><td>1,78</td><td>2,63</td><td>-0,57</td><td>0,74</td><td>3,43</td></tr> <tr><td>10</td><td>1,40</td><td>3,04</td><td>0,48</td><td>2,49</td><td>3,95</td><td>1,52</td><td>2,75</td><td>-0,44</td><td>1,03</td><td>3,58</td></tr> <tr><td>11</td><td>1,50</td><td>3,03</td><td>0,35</td><td>2,50</td><td>4,22</td><td>1,16</td><td>2,41</td><td>-0,44</td><td>1,06</td><td>3,58</td></tr> <tr><td>12</td><td>1,26</td><td>3,15</td><td>-0,30</td><td>2,52</td><td>4,48</td><td>1,07</td><td>2,24</td><td>-0,83</td><td>1,49</td><td>3,51</td></tr> <tr><td>13</td><td>0,99</td><td>3,62</td><td>-0,61</td><td>2,44</td><td>5,06</td><td>0,85</td><td>2,12</td><td>-0,78</td><td>1,79</td><td>3,82</td></tr> <tr><td>14</td><td>0,97</td><td>3,85</td><td>-1,20</td><td>2,35</td><td>5,50</td><td>0,56</td><td>1,74</td><td>-0,81</td><td>2,03</td><td>3,90</td></tr> <tr><td>15</td><td>0,91</td><td>4,19</td><td>-1,39</td><td>2,26</td><td>5,68</td><td>0,10</td><td>1,57</td><td>-1,06</td><td>2,22</td><td>3,77</td></tr> <tr><td>16</td><td>0,71</td><td>4,45</td><td>-1,76</td><td>2,19</td><td>6,19</td><td>-0,25</td><td>1,17</td><td>-1,41</td><td>2,50</td><td>3,81</td></tr> <tr><td>17</td><td>0,43</td><td>4,89</td><td>-2,28</td><td>2,24</td><td>6,42</td><td>-0,65</td><td>0,96</td><td>-1,40</td><td>2,88</td><td>4,00</td></tr> <tr><td>18</td><td>0,54</td><td>5,06</td><td>-2,81</td><td>2,34</td><td>7,04</td><td>-1,06</td><td>0,63</td><td>-1,70</td><td>3,21</td><td>3,97</td></tr> <tr><td>19</td><td>0,19</td><td>5,63</td><td>-3,57</td><td>1,96</td><td>7,57</td><td>-1,66</td><td>0,25</td><td>-1,96</td><td>3,63</td><td>4,08</td></tr> <tr><td>20</td><td>0,01</td><td>5,91</td><td>-4,06</td><td>2,19</td><td>8,10</td><td>-2,01</td><td>-0,01</td><td>-1,91</td><td>3,90</td><td>4,08</td></tr> </tbody> </table> <p data-bbox="927 1129 2069 1273">2. Используя численный метод минимизации, найти оптимальное значение постоянной времени и времени запаздывания для указанной кривой разгона при коэффициенте передачи $0,1\text{м}^3/\text{с}$. Кривая разгона аналитически описывается выражением:</p> $h^T(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t < \tau \\ k \left(1 - \ell \frac{t-\tau}{T} \right), & \text{при } t > \tau \end{cases}$	x_i	Значения $y_i = y(x_i)$										№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	1	2,05	2,09	2,02	1,99	2,23	2,07	2,18	-0,10	-0,16	2,09	2	1,94	2,05	1,98	2,03	2,29	2,17	2,43	-0,21	0,01	2,31	3	1,92	2,19	1,67	2,20	2,27	2,21	2,40	0,01	0,10	2,72	4	1,87	2,18	1,65	2,39	2,62	2,31	2,43	0,05	0,16	2,77	5	1,77	2,17	1,57	2,19	2,72	2,10	2,65	-0,13	0,05	2,78	6	1,88	2,27	1,42	2,61	2,82	2,09	2,75	-0,23	0,35	2,97	7	1,71	2,58	1,37	2,35	3,13	2,12	2,67	-0,21	0,19	3,00	8	1,60	2,73	1,07	2,60	3,49	1,63	2,66	-0,43	0,50	3,51	9	1,56	2,82	0,85	2,55	3,82	1,78	2,63	-0,57	0,74	3,43	10	1,40	3,04	0,48	2,49	3,95	1,52	2,75	-0,44	1,03	3,58	11	1,50	3,03	0,35	2,50	4,22	1,16	2,41	-0,44	1,06	3,58	12	1,26	3,15	-0,30	2,52	4,48	1,07	2,24	-0,83	1,49	3,51	13	0,99	3,62	-0,61	2,44	5,06	0,85	2,12	-0,78	1,79	3,82	14	0,97	3,85	-1,20	2,35	5,50	0,56	1,74	-0,81	2,03	3,90	15	0,91	4,19	-1,39	2,26	5,68	0,10	1,57	-1,06	2,22	3,77	16	0,71	4,45	-1,76	2,19	6,19	-0,25	1,17	-1,41	2,50	3,81	17	0,43	4,89	-2,28	2,24	6,42	-0,65	0,96	-1,40	2,88	4,00	18	0,54	5,06	-2,81	2,34	7,04	-1,06	0,63	-1,70	3,21	3,97	19	0,19	5,63	-3,57	1,96	7,57	-1,66	0,25	-1,96	3,63	4,08	20	0,01	5,91	-4,06	2,19	8,10	-2,01	-0,01	-1,91	3,90	4,08
x_i	Значения $y_i = y(x_i)$																																																																																																																																																																																																																																																		
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10																																																																																																																																																																																																																																									
1	2,05	2,09	2,02	1,99	2,23	2,07	2,18	-0,10	-0,16	2,09																																																																																																																																																																																																																																									
2	1,94	2,05	1,98	2,03	2,29	2,17	2,43	-0,21	0,01	2,31																																																																																																																																																																																																																																									
3	1,92	2,19	1,67	2,20	2,27	2,21	2,40	0,01	0,10	2,72																																																																																																																																																																																																																																									
4	1,87	2,18	1,65	2,39	2,62	2,31	2,43	0,05	0,16	2,77																																																																																																																																																																																																																																									
5	1,77	2,17	1,57	2,19	2,72	2,10	2,65	-0,13	0,05	2,78																																																																																																																																																																																																																																									
6	1,88	2,27	1,42	2,61	2,82	2,09	2,75	-0,23	0,35	2,97																																																																																																																																																																																																																																									
7	1,71	2,58	1,37	2,35	3,13	2,12	2,67	-0,21	0,19	3,00																																																																																																																																																																																																																																									
8	1,60	2,73	1,07	2,60	3,49	1,63	2,66	-0,43	0,50	3,51																																																																																																																																																																																																																																									
9	1,56	2,82	0,85	2,55	3,82	1,78	2,63	-0,57	0,74	3,43																																																																																																																																																																																																																																									
10	1,40	3,04	0,48	2,49	3,95	1,52	2,75	-0,44	1,03	3,58																																																																																																																																																																																																																																									
11	1,50	3,03	0,35	2,50	4,22	1,16	2,41	-0,44	1,06	3,58																																																																																																																																																																																																																																									
12	1,26	3,15	-0,30	2,52	4,48	1,07	2,24	-0,83	1,49	3,51																																																																																																																																																																																																																																									
13	0,99	3,62	-0,61	2,44	5,06	0,85	2,12	-0,78	1,79	3,82																																																																																																																																																																																																																																									
14	0,97	3,85	-1,20	2,35	5,50	0,56	1,74	-0,81	2,03	3,90																																																																																																																																																																																																																																									
15	0,91	4,19	-1,39	2,26	5,68	0,10	1,57	-1,06	2,22	3,77																																																																																																																																																																																																																																									
16	0,71	4,45	-1,76	2,19	6,19	-0,25	1,17	-1,41	2,50	3,81																																																																																																																																																																																																																																									
17	0,43	4,89	-2,28	2,24	6,42	-0,65	0,96	-1,40	2,88	4,00																																																																																																																																																																																																																																									
18	0,54	5,06	-2,81	2,34	7,04	-1,06	0,63	-1,70	3,21	3,97																																																																																																																																																																																																																																									
19	0,19	5,63	-3,57	1,96	7,57	-1,66	0,25	-1,96	3,63	4,08																																																																																																																																																																																																																																									
20	0,01	5,91	-4,06	2,19	8,10	-2,01	-0,01	-1,91	3,90	4,08																																																																																																																																																																																																																																									

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Интервал разбить на 10 участков. Составить алгоритм решения и реализовать его на ЭВМ. Сравнить результаты расчета с результатом графического определения искомых величин. Построить $h(t)$ по результатам численного определения и графического определения на одном графике.</p> <div data-bbox="1216 703 1798 978" data-label="Figure"> </div> <p>3. В камерной печи происходит нагрев заготовки:</p> <div data-bbox="1323 1150 1686 1366" data-label="Diagram"> </div> <p>Параметрами нагрева являются:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p> V_T – расход топлива в печь, м³/ч; T_{CM} – среднемассовая температура заготовки, °С; T_{RP} – температура рабочего пространства печи, °С; $T_{ПОВ}$ – температура поверхности заготовки, °С; $T_{Ц}$ – температура центра заготовки, °С. </p> <p>В качестве управляющего воздействие здесь выступает расход топлива.</p> <p>За заданное время T необходимо обеспечить нагрев заготовки от заданной начальной температуры T^0 до заданной конечной температуры T^K, при минимальном расходе топлива.</p> <p>Далее нужно свести полученную вариационную задачу к задаче нелинейного программирования и решить её численным методом. Для определения ограничений заданных явно использовать метод штрафных функций.</p> <p>Параметры задачи: начальная температура $T^0 = 0$ °С; конечная температура $T^K = 1250$ °С; время нагрева $T=250$ мин.</p> <p>Для численного решения рекомендуется использовать следующие значения параметров задачи: шаг по времени $h=1$ мин; коэффициент масштабирования управляющего воздействия $(k_1)^2 = 10^{-5}$.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства						
			№ варианта	Число участков	Порядок дифференциального уравнения	Постоянные времени		
						T ₁	T ₂	T ₃
			1	5	1	100	-	-
			2	4	2	50	20	-
			3	3	1	85	-	-
			4	4	2	35	30	-
			5	2	1	80	-	-
			6	4	2	40	40	-
			7	5	3	25	25	25
			8	3	1	90	-	-
			9	4	2	50	25	-
			10	2	1	110	-	-

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы оптимизации» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.