



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
В.Р. Храмшин



03.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ИХ ЦИФРОВАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Направление подготовки (специальность)
09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль/специализация) программы
Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

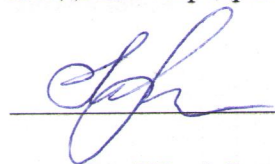
Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Вычислительной техники и программирования
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 918)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Вычислительной техники и программирования
29.01.2026, протокол № 7

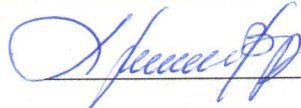
Зав. кафедрой



О.С. Логунова

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
03.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

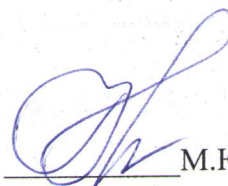
профессор кафедры кафедры ВТиП, д-р техн. наук



С.М. Андреев

Рецензент:

директор НИИ «Промбезопасность», д-р техн. наук



М.Ю. Наркевич

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Вычислительной техники и программирования

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ О.С. Логунова

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью преподавания дисциплины "Методы оптимизации и их цифровая реализация» является ознакомление студентов с базовыми понятиями, алгоритмами и методами решения оптимизационных задач с использованием программных средств вычислительной техники, а также практического использования методов оптимизации для решения прикладных задач.

Для достижения цели в ходе преподавания дисциплины решаются задачи:

- изучение решения оптимизационных математических моделей эффективными численными методами;
- изучение и классификацию оптимизационных математических моделей;
- реализацию основных алгоритмов решения оптимизационных задач средствами программного обеспечения и вычислительной техники;
- формирование навыков по применению математических моделей к решению прикладных задач и выбору эффективных методов решения.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Методы оптимизации и их цифровая реализация входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Программное обеспечение для реализации моделей математической физики
Технология разработки программного обеспечения

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

Информационно-управляющие системы предприятий и организаций

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Выполнение 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 и их цифровая реализация» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;
ОПК-1.1	Самостоятельно приобретает математические, естественнонаучные и социально-экономические знания для использования их в профессиональной деятельности
ОПК-1.2	Решает нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте с применением математических, естественно-научных социально-экономических и профессиональных знаний

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 52,8 акад. часов;
- аудиторная – 50 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,8 акад. часов;
- самостоятельная работа – 55,5 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

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. Постановка задачи оптимизации. Основные понятия о методах оптимизации. Задачи поисковой оптимизации.								
1.1 Постановка и основные понятия задач оптимизации. Классификация методов оптимизации, области применения.	4	1			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к устному опросу.	Собеседование по теме. Тестирование.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
1.2 Алгоритмическая и программная реализация методов решения задач оптимизации		1			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование. Устный опрос по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2			4			
2. Численные методы одномерной оптимизации								
2.1 Постановка задачи одномерной оптимизации	4	2			4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование по теме	ОПК-1.1, ОПК-1.2
2.2 Численная реализация методов одномерного прямого поиска			6		7,5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ОПК-1.1, ОПК-1.2

						практическим работам		
2.3 Численная реализация интерполяционных поисковых методов	4		4		6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам	Собеседование Устный опрос по практическим работам	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	10		17,5			
3. Численные методы многомерного поиска								
3.1 Понятие о задачах елинейного программирования. Постановка задачи многомерной оптимизации. Ограничение на параметры задачи.	4	2			4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ОПК-1.1, ОПК-1.2
3.2 Численная реализация многомерных методов прямого поиска (метод покоординатного спуска, методе конфигураций)			6		6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
3.3 Численная реализация градиентных методов (модифицированный метод наискорейшего спуска)			4		4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	10		14			
4. Цифровая реализация методов линейного программирования								
4.1 Постановка задачи линейного программирования. Методы решения задачи ЛП.	4	2			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
4.2 Геометрический метод решения задачи ЛП. Алгоритмизация и цифровая реализация геометрического метода решения задачи линейного программирования			6		6	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
4.3 Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Цифровая реализация М-метода.			4		4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	10		12			
5. Численные методы решения задач динамического								

программирования								
5.1 Постановка задачи динамического программирования. Условия оптимальности. Уравнения Беллмана.	4	2			2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
5.2 Алгоритмизация задачи динамического программирования по распределению ресурсов.			6		2	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
5.3 Программная реализация задачи динамического программирования. Рекурсивное решения уравнения Беллмана.			4		4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование. Устный опрос по практическим работам.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2	10		8			
Итого за семестр		10	40		55,5		экзамен	
Итого по дисциплине		10	40		55,5		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Методы оптимизации и их цифровая реализация» 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

а) Основная литература:

1. 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 // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/455825> (дата обращения: 21.01.2026).

2. Сухарев, А. Г. Численные методы оптимизации : учебник и практикум для вузов / А. Г. Сухарев, А. В. Тимохов, В. В. Федоров. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 367 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04449-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/487195> (дата обращения: 21.01.2026).

б) Дополнительная литература:

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: 21.01.2026).

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: 21.01.2026).

в) Методические указания:

5. 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). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1515>. - Текст : электронный. (дата обращения: 21.01.2026). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

6. 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: 21.01.2025).

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Scilab Computation Engine	свободно распространяемое ПО	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Ред ОС	Сертификат №01-04\22 от 06.05.2022	06.05.2025
Anaconda Python	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Visual Studio Code	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 440)
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий: компьютерный класс (ауд. 450)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, LibreOffice, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 450)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, LibreOffice, 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 (ауд. 450)
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд. 445)
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине «Методы оптимизации и их цифровая реализация»

По дисциплине «Методы оптимизации и их цифровая реализация» 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?
40. Какие задачи решаются методом динамического программирования?
41. В чем состоит суть метода Беллмана? Запишите целевую функцию метода Беллмана.
42. Какова сложность решения задач с использованием метода Беллмана?

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Методы оптимизации и их цифровая реализация»

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

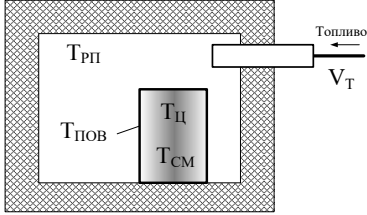
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		ОПК-1: Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте;
ОПК-1.1	Самостоятельно приобретает математические, естественнонаучные и социально-экономические знания для использования их в профессиональной деятельности	<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. Теорема Куна-Таккера 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. Метод прямого поиска – метод Нелдера Мида.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>12. Понятие линейного программирования. Постановка задачи линейного программирования в общем виде.</p> <p>13. Геометрический метод решения задач линейного программирования</p> <p>14. Симплекс-метод линейного программирования: общая суть метода</p> <p>15. Симплекс-метод линейного программирования: порядок работы с симплекс-таблицей</p> <p>16. Симплекс-метод линейного программирования: пример решения ЗЛП</p> <p>17. Транспортная задача линейного программирования: формулировка транспортной задачи</p> <p>18. Транспортная задача линейного программирования: математическая модель транспортной задачи в общем виде</p> <p>19. Транспортная задача линейного программирования: пример составления математической модели транспортной задачи</p> <p>20. Транспортная задача линейного программирования: метод северо-западного угла</p> <p>21. Транспортная задача линейного программирования: метод потенциалов.</p> <p>22. Динамическое программирование: понятие, постановка задачи ДП в общем виде.</p> <p>23. Особенности решения задач динамического программирования.</p> <p>24. Классификация задач и методов ДП. Метод Беллмана</p>
ОПК-2.2	<p>Решает нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте с применением математических, естественно-научных социально-экономических и профессиональных знаний</p>	<p>1. Найти на отрезке $[-10,10]$ абсциссу точки минимума заданной одномерной целевой функции с абсолютной погрешностью, не превышающей $0,01$:</p> $U = x^2 + k_1 \cdot \exp(k_2 \cdot x)$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																									
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1016 395 1357 443">Номер варианта</th> <th data-bbox="1357 395 1621 443">k_1</th> <th data-bbox="1621 395 1980 443">k_2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td data-bbox="1016 443 1357 483">1</td><td data-bbox="1357 443 1621 483">1,0</td><td data-bbox="1621 443 1980 483">-0,85</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 483 1357 523">2</td><td data-bbox="1357 483 1621 523">2,0</td><td data-bbox="1621 483 1980 523">-0,65</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 523 1357 563">3</td><td data-bbox="1357 523 1621 563">3,0</td><td data-bbox="1621 523 1980 563">-0,45</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 563 1357 603">4</td><td data-bbox="1357 563 1621 603">4,0</td><td data-bbox="1621 563 1980 603">-0,25</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 603 1357 643">5</td><td data-bbox="1357 603 1621 643">5,0</td><td data-bbox="1621 603 1980 643">-0,05</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 643 1357 683">6</td><td data-bbox="1357 643 1621 683">6,0</td><td data-bbox="1621 643 1980 683">0,15</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 683 1357 722">7</td><td data-bbox="1357 683 1621 722">7,0</td><td data-bbox="1621 683 1980 722">0,35</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 722 1357 762">8</td><td data-bbox="1357 722 1621 762">8,0</td><td data-bbox="1621 722 1980 762">0,55</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 762 1357 802">9</td><td data-bbox="1357 762 1621 802">9,0</td><td data-bbox="1621 762 1980 802">0,75</td></tr> <tr><td data-bbox="1016 802 1357 821">10</td><td data-bbox="1357 802 1621 821">10,0</td><td data-bbox="1621 802 1980 821">0,95</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	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																																																									
		<p data-bbox="972 882 2080 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="1003 1074 1995 1426"> <thead> <tr> <th data-bbox="1003 1074 1196 1142">Номер варианта</th> <th data-bbox="1196 1074 1397 1142">a</th> <th data-bbox="1397 1074 1599 1142">b</th> <th data-bbox="1599 1074 1800 1142">c</th> <th data-bbox="1800 1074 1995 1142">d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td data-bbox="1003 1142 1196 1174">1</td><td data-bbox="1196 1142 1397 1174">1,0</td><td data-bbox="1397 1142 1599 1174">-1,4</td><td data-bbox="1599 1142 1800 1174">0,01</td><td data-bbox="1800 1142 1995 1174">0,11</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1174 1196 1206">2</td><td data-bbox="1196 1174 1397 1206">2,0</td><td data-bbox="1397 1174 1599 1206">-1,3</td><td data-bbox="1599 1174 1800 1206">0,04</td><td data-bbox="1800 1174 1995 1206">0,12</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1206 1196 1238">3</td><td data-bbox="1196 1206 1397 1238">3,0</td><td data-bbox="1397 1206 1599 1238">-1,2</td><td data-bbox="1599 1206 1800 1238">0,02</td><td data-bbox="1800 1206 1995 1238">0,13</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1238 1196 1270">4</td><td data-bbox="1196 1238 1397 1270">4,0</td><td data-bbox="1397 1238 1599 1270">-1,1</td><td data-bbox="1599 1238 1800 1270">0,16</td><td data-bbox="1800 1238 1995 1270">0,14</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1270 1196 1302">5</td><td data-bbox="1196 1270 1397 1302">5,0</td><td data-bbox="1397 1270 1599 1302">-1,0</td><td data-bbox="1599 1270 1800 1302">0,25</td><td data-bbox="1800 1270 1995 1302">0,15</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1302 1196 1334">6</td><td data-bbox="1196 1302 1397 1334">6,0</td><td data-bbox="1397 1302 1599 1334">-0,9</td><td data-bbox="1599 1302 1800 1334">0,36</td><td data-bbox="1800 1302 1995 1334">0,16</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1334 1196 1366">7</td><td data-bbox="1196 1334 1397 1366">7,0</td><td data-bbox="1397 1334 1599 1366">-0,8</td><td data-bbox="1599 1334 1800 1366">0,49</td><td data-bbox="1800 1334 1995 1366">0,17</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1366 1196 1398">8</td><td data-bbox="1196 1366 1397 1398">8,0</td><td data-bbox="1397 1366 1599 1398">-0,7</td><td data-bbox="1599 1366 1800 1398">0,64</td><td data-bbox="1800 1366 1995 1398">0,18</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1398 1196 1430">9</td><td data-bbox="1196 1398 1397 1430">9,0</td><td data-bbox="1397 1398 1599 1430">-0,6</td><td data-bbox="1599 1398 1800 1430">0,81</td><td data-bbox="1800 1398 1995 1430">0,19</td></tr> <tr><td data-bbox="1003 1430 1196 1461">10</td><td data-bbox="1196 1430 1397 1461">10,0</td><td data-bbox="1397 1430 1599 1461">-0,5</td><td data-bbox="1599 1430 1800 1461">0,94</td><td data-bbox="1800 1430 1995 1461">0,20</td></tr> </tbody> </table>			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	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
		$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \\ 3 & 6 & 8 \end{pmatrix}$ <p>6. В результате эксперимента определены значения некоторой величины $y = y^3(x_i)$, соответствующие определенным значениям другой переменной $x = x_i$. При этом установлено, что между величинами y и x существует функциональная зависимость, причем вид функции $y^T = f(x_i) = ax_i^2 + bx_i + c$ 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> $U = \sum_{i=1}^n [y^3(x_i) - y^T(x_i)]^2 \rightarrow \min .$ <p>После этого, для найденных значений коэффициентов a, b, c необходимо построить график функции $y^T = f(x)$ 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="925 392 2065 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="969 1062 1671 1094">7. В камерной печи происходит нагрев заготовки:</p>  <p data-bbox="999 1350 1442 1382">Параметрами нагрева являются:</p> <p data-bbox="925 1417 1375 1449">V_T – расход топлива в печь, м³/ч;</p>	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> 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> <table border="1" data-bbox="1070 1222 1928 1476"> <thead> <tr> <th rowspan="2">№ варианта</th> <th rowspan="2">Число участков</th> <th rowspan="2">Порядок дифференциального уравнения</th> <th colspan="3">Постоянные времени</th> </tr> <tr> <th>T_1</th> <th>T_2</th> <th>T_3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>100</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	№ варианта	Число участков	Порядок дифференциального уравнения	Постоянные времени			T_1	T_2	T_3	1	5	1	100	-	-
№ варианта	Число участков	Порядок дифференциального уравнения				Постоянные времени											
			T_1	T_2	T_3												
1	5	1	100	-	-												

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства							
			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 и их цифровая реализация» 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.