



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института  
энергетики и автоматизированных систем

С.И. Лукьянов  
« 26 » сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**

Направление подготовки

27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль программы)

Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Автоматизированных систем управления  
5

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах, утвержденного приказом МОиН РФ от 20.10.2015 № 1171.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизированных систем управления

5 сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / С.М. Андреев/


Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

26 сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов/

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры АСУ, к.т.н.

 / Е.С. Рябчикова/

Рецензент:

к.т.н., зам. директора ЗАО «Консом СКС»  
 / Ю.Н. Волщук /





## 1 Цели освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины – 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 в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.В.11 «Методы оптимизации» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Изучение данной дисциплины базируется на учебном материале, излагаемом в курсах:

- Б1.В.14 «Программирование и основы алгоритмизации»;
- Б1.В.15 «Теория автоматического управления».

Перед началом изучения дисциплины студент должен обладать следующими знаниями, умениями и навыками:

### владеть:

- навыками профессионального стиля программирования на C/C++;
- специализированными системами компьютерной математики для расчёта систем управления;

### знать:

- основные понятия программирования; язык программирования (C/C++);
- инженерные методы определения математической модели объекта управления;

### уметь:

- проектировать программные алгоритмы; решать задачи с помощью языка программирования (C/C++);
- определить структуру и параметры математической модели объекта.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для следующих дисциплин:

- Б2.В.04(П) «Производственная – преддипломная практика»;
- Б3.Б.02 «Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы».

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, и планируемые результаты обучения

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления (ПК-2)
Знать	<ul style="list-style-type: none"><li>– классификацию методов статической оптимизации и методов решения задач линейного программирования;</li><li>– алгоритмы реализации методов одномерной и многомерной оптимизации;</li><li>– методы решения задач линейного программирования;</li><li>– специальные методы решения оптимизационных задач при моделировании систем управления;</li></ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	– методы решения задач нелинейного программирования;
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– решать задачи оптимального управления;</li> <li>– формулировать критерии оптимизации и оптимальности при моделировании систем управления;</li> <li>– производить формализацию задач оптимизации и оптимального управления;</li> <li>– работать со специализированным программным обеспечением для решения оптимизационных задач;</li> <li>– применять оптимизационные методы для исследования и проектирования математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой сведения практических задач оптимизации к канонической форме (формализации задач);</li> <li>– навыками реализации алгоритмов численной оптимизации с использованием программных средств;</li> <li>– аналитическим конструированием оптимальных регуляторов и практическими способами определения коэффициентов стабилизирующего управления.</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 15,2 акад. часов:
  - аудиторная – 12 акад. часов;
  - внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 120,1 акад. часов
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<b>1. Статическая оптимизация</b>	5							ПК-2: зув
<i>1.1. Постановка и классификация задач оптимизации</i>					5,1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	<i>Собеседование</i>	
<i>1.2. Задачи статической оптимизации. Основные понятия и определения. Способы задания целевых функций. Одномерные задачи оптимизации.</i>		2		2	30	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение практических работ	<i>Собеседование</i> <i>Устный опрос по практическим работам</i>	
<i>1.3. Многомерные задачи оптимизации.</i>		2		4/2И <sup>1</sup>	30	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение практических работ	<i>Собеседование</i> <i>Устный опрос по практическим работам</i>	
Итого по разделу		<b>4</b>		<b>6/2И<sup>1</sup></b>	<b>65,1</b>			

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<b>2. Линейное программирование</b>	5							ПК-2: зув
<i>2.1. Задачи линейного программирования (ЛП). Каноническая форма записи задач ЛП.</i>		2			5	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	<i>Собеседование</i>	
<i>2.2. Геометрический способ решения ЗЛП</i>					15	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение контрольной работы	<i>Собеседование</i> <i>Устный опрос по контрольной работе</i>	
<i>2.3. Симплекс – метод решения ЗЛП</i>					15	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение контрольной работы	<i>Собеседование</i> <i>Устный опрос по контрольной работе</i>	
<i>2.4. Транспортная ЗЛП</i>					15	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Выполнение контрольной работы	<i>Собеседование</i> <i>Устный опрос по контрольной работе</i>	
Итого по разделу		<b>2</b>			<b>50</b>			
<b>3. Нелинейное программирование</b>	5							ПК-2: з
<i>Задачи нелинейного программирования (НЛП). Методы множителей Лагранжа.</i>					5	Самостоятельное изучение учебной литературы.	<i>Собеседование</i>	

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						Подготовка к собеседованию		
<b>Итого по разделу</b>					<b>5</b>			
<b>Итого по разделам</b>		<b>6</b>		<b>6/2И<sup>1</sup></b>	<b>120,1</b>			
<b>Итого за семестр</b>		<b>6</b>		<b>6/2И<sup>1</sup></b>	<b>120,1</b>		<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>6</b>		<b>6/2И<sup>1</sup></b>	<b>120,1</b>		<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	

<sup>1</sup> – Занятия проводятся в интерактивных формах (т.е. из 6 часов практических занятий 2 часа проводятся с использованием интерактивных методов)



## 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 студентов

По дисциплине «Методы оптимизации» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся, которая 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 также самостоятельное изучение учебной литературы и выполнение контрольной работы.

### *Примерные вопросы для устного опроса по выполненным практическим работам и контрольной работе*

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?

### *Задания по контрольной работе*

#### *Задание 1*

Решить задачу линейного программирования геометрическим и симплекс-методом. Сравнить результаты.

Таблица 2.1

№ варианта	Варианты ЗЛП
1.	$f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 10 \\ -2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + 4x_2 \geq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$

№ варианта	ЗЛП
2.	$f = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 4x_1 - 2x_2 \leq 12 \\ -x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + 4x_2 \leq 16 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
3.	$f = 2x_1 + 7x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 14 \\ x_1 + x_2 \leq 8 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
4.	$f = 2x_1 + 15x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 5x_1 + 2x_2 \leq 25 \\ 3x_1 + 4x_2 \leq 24 \\ -x_1 + 3x_2 \leq 12 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
5.	$f = 5x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 \leq 15 \\ 5x_1 + 2x_2 \leq 10 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
6.	$f = x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ x_1 + 2x_2 \geq 2 \\ 2x_1 + x_2 \leq 10 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
7.	$f = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + 4x_2 \leq 16 \\ -4x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ x_1 + 3x_2 \geq 9 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
8.	$f = x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 14 \\ -5x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ 4x_1 + 6x_2 \geq 24 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
9.	$f = -2x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 - 2x_2 \leq 12 \\ -x_1 + 2x_2 \leq 8 \\ 2x_1 + 3x_2 \geq 6 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$

№ варианта	ЗЛП
10.	$f = -2x_1 - 3x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} -4x_1 + 2x_2 \geq 4 \\ x_1 + x_2 \geq 6 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
11.	$f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} -3x_1 - 2x_2 \leq -6 \\ x_1 + 4x_2 \leq 4 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
12.	$f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 + x_2 \geq 1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
13.	$f = x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1 \\ 2x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 - x_2 \geq 0 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
14.	$f = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 \leq 1 \\ x_1 - x_2 \geq -1 \\ 2x_1 + x_2 \geq 1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$

## Задание 2

Решить транспортную задачу линейного программирования.

1. 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.).

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \\ 3 & 6 & 8 \end{pmatrix}$$

2. В пунктах А и В находятся соответственно 150 и 90 т горючего. Пунктам 1, 2 и 3 требуются соответственно 60, 70, 110 т. горючего. Стоимость перевозки 1 т. горючего из пункта А в пункты 1, 2, 3 равна 60, 10, 40 ден. ед. за 1 т. соответственно, а из пункта В в пунк-

ты 1, 2, 3 – 120, 20, 80 ден. ед. за 1 т. соответственно. Составьте план перевозок горючего, минимизирующий общую сумму транспортных расходов.

3. В трех хранилищах горючего ежедневно хранится 175, 125 и 140 т бензина. Этот бензин ежедневно получают четыре заправокные станции в количествах, равных соответственно 180, 160, 60 и 40 т. Стоимости перевозок 1 т бензина с хранилищ к заправокным станциям задаются матрицей. Составить такой план перевозок бензина, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 9 & 7 & 5 & 3 \\ 1 & 2 & 4 & 6 \\ 8 & 10 & 12 & 1 \end{pmatrix}$$

4. Промышленный концерн имеет два завода и пять складов в различных регионах страны. Каждый месяц первый завод производит 40, а второй 70 ед. продукции. Вся продукция, производимая заводами, должна быть направлена на склады. Вместимость первого склада равна 20 ед. продукции; второго – 30; третьего – 15; четвертого – 27; пятого – 28 единиц. Издержки транспортировки продукции от завода до склада приведены в матрице. Распределите план перевозок из условия минимизации ежемесячных расходов на транспортировку.

$$\begin{pmatrix} 520 & 480 & 650 & 500 & 720 \\ 450 & 525 & 630 & 560 & 750 \end{pmatrix}$$

5. На трех хлебокомбинатах ежедневно производится 110, 190 и 90 т муки. Эта мука потребляется четырьмя хлебозаводами, ежедневные потребности которых равны соответственно 80, 60, 170 и 80 т. Тарифы перевозок 1 т муки с хлебокомбинатов к каждому из хлебозаводов задаются матрицей. Составить такой план доставки муки, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 8 & 1 & 9 & 7 \\ 4 & 6 & 2 & 12 \\ 3 & 5 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

6. Груз, хранящийся на трех складах и требующий для перевозки 60, 80, 106 автомашин соответственно, необходимо перевезти в четыре магазина. Первому магазину требуется 44 машины груза, второму – 70, третьему – 50 и четвертому – 82 машины. Стоимость пробега одной машины за 1 км составляет 10 ден. Единиц. Расстояния от складов до магазинов указаны в матрице. Составьте минимальный по стоимости план перевозки груза от складов до магазинов.

$$\begin{pmatrix} 13 & 17 & 6 & 8 \\ 2 & 7 & 10 & 41 \\ 12 & 18 & 2 & 22 \end{pmatrix}$$

7. На складах А, В, С имеются запасы продукции в количествах 90, 350, 110 т. соответственно. Потребители М, Н, К должны получить эту продукцию в количествах 140, 250, 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.).

$$\begin{pmatrix} 5 & 2 & 8 \\ 1 & 4 & 3 \\ 3 & 6 & 7 \end{pmatrix}$$

8. В пунктах А и В находятся соответственно 160 и 90 т горючего. Пунктам 1, 2 и 3 требуются соответственно 60, 80, 110 т. горючего. Стоимость перевозки 1 т. горючего из пункта А в пункты 1, 2, 3 равна 40, 20, 60 ден. ед. за 1 т. соответственно, а из пункта В в пункты 1, 2, 3 – 90, 120, 20 ден. ед. за 1 т. соответственно. Составьте план перевозок горючего, минимизирующий общую сумму транспортных расходов.
9. В трех хранилищах горючего ежедневно хранится 175, 125 и 120 т бензина. Этот бензин ежедневно получают четыре заправочные станции в количествах, равных соответственно 180, 140, 60 и 40 т. Стоимости перевозок 1 т бензина с хранилищ к заправочным станциям задаются матрицей. Составить такой план перевозок бензина, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 9 & 3 & 5 & 5 \\ 7 & 2 & 7 & 6 \\ 8 & 6 & 12 & 1 \end{pmatrix}$$

10. Промышленный концерн имеет два завода и пять складов в различных регионах страны. Каждый месяц первый завод производит 50, а второй 80 ед. продукции. Вся продукция, производимая заводами, должна быть направлена на склады. Вместимость первого склада равна 20 ед. продукции; второго – 40; третьего – 25; четвертого – 27; пятого – 28 единиц. Издержки транспортировки продукции от завода до склада приведены в матрице. Распределите план перевозок из условия минимизации ежемесячных расходов на транспортировку.

$$\begin{pmatrix} 510 & 380 & 650 & 400 & 720 \\ 450 & 225 & 430 & 560 & 850 \end{pmatrix}$$

11. На трех хлебокомбинатах ежедневно производится 120, 190 и 100 т муки. Эта мука потребляется четырьмя хлебозаводами, ежедневные потребности которых равны соответственно 80, 70, 170 и 90 т. Тарифы перевозок 1 т муки с хлебокомбинатов к каждому из хлебозаводов задаются матрицей. Составить такой план доставки муки, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 1 & 8 & 9 & 5 \\ 4 & 6 & 12 & 2 \\ 3 & 7 & 4 & 9 \end{pmatrix}$$

12. Груз, хранящийся на трех складах и требующий для перевозки 50, 70, 106 автомашин соответственно, необходимо перевезти в четыре магазина. Первому магазину требуется 44 машины груза, второму – 60, третьему – 50 и четвертому – 72 машины. Стоимость пробега одной машины за 1 км составляет 10 ден. единиц. Расстояния от складов до магазинов указаны в матрице. Составьте минимальный по стоимости план перевозки груза от складов до магазинов.

$$\begin{pmatrix} 13 & 17 & 16 & 8 \\ 5 & 7 & 41 & 10 \\ 12 & 15 & 2 & 22 \end{pmatrix}$$

13. На складах А, В, С имеются запасы продукции в количествах 80, 400, 100 т. соответственно. Потребители М, Н, К должны получить эту продукцию в количествах 130, 300, 150 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.).

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 2 \\ 6 & 5 & 8 \\ 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$$

14. В трех хранилищах горючего ежедневно хранится 185, 125 и 130 т бензина. Этот бензин ежедневно получают четыре заправочные станции в количествах, равных соответственно 170, 160, 60 и 50 т. Стоимости перевозок 1 т бензина с хранилищ к заправочным станциям задаются матрицей. Составить такой план перевозок бензина, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 10 & 7 & 12 & 3 \\ 1 & 2 & 4 & 1 \\ 8 & 9 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

15. На трех хлебокомбинатах ежедневно производится 110, 170 и 80 т муки. Эта мука потребляется четырьмя хлебозаводами, ежедневные потребности которых равны соответственно 70, 60, 150 и 80 т. Тарифы перевозок 1 т муки с хлебокомбинатов к каждому из хлебозаводов задаются матрицей. Составить такой план доставки муки, при котором общая стоимость перевозок является минимальной.

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 & 4 \\ 7 & 9 & 8 & 12 \\ 9 & 5 & 8 & 6 \end{pmatrix}$$

## 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления (ПК-2)		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классификацию методов статической оптимизации и методов решения задач линейного программирования;</li> <li>– алгоритмы реализации методов одномерной и многомерной оптимизации;</li> <li>– методы решения задач линейного программирования;</li> <li>– специальные методы решения оптимизационных задач при моделировании систем управления;</li> <li>– методы решения задач нелинейного программирования;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Постановка задачи оптимизации. Основные этапы построения математических моделей оптимизации.</li> <li>2. Классификация задач оптимизации.</li> <li>3. Примеры постановки задач оптимизации.</li> <li>4. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом производной и методом полного перебора</li> <li>5. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом золотого сечения</li> <li>6. Одномерные задачи оптимизации. Решение задач одномерной оптимизации методом квадратичной интерполяции</li> <li>7. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом покоординатного спуска</li> <li>8. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации градиентными методами</li> <li>9. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом наискорейшего спуска</li> <li>10. Многомерные задачи оптимизации. Решение задач многомерной оптимизации методом конфигурации</li> <li>11. Многомерные задачи оптимизации. Симплексный метод прямого поиска Нелдера-Мида.</li> <li>12. Понятие линейного программирования. Постановка задачи линейного программирования в общем виде.</li> <li>13. Геометрический метод решения задач линейного программирования</li> <li>14. Симплекс-метод линейного программирования: общая суть метода</li> <li>15. Симплекс-метод линейного программирования: порядок работы с симплекс-таблицей</li> </ol>

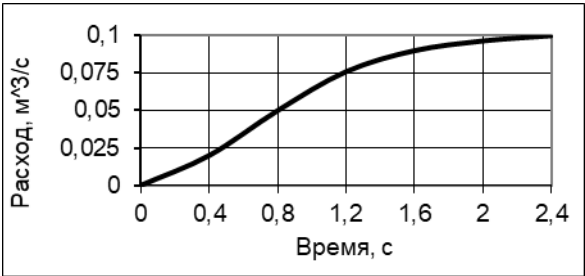
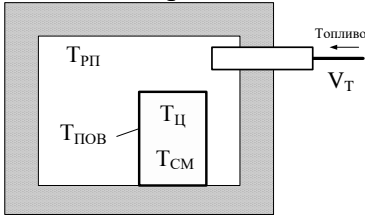


Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		16. Симплекс-метод линейного программирования: пример решения ЗЛП 17. Транспортная задача линейного программирования: формулировка транспортной задачи 18. Транспортная задача линейного программирования: математическая 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"> <li>– решать задачи оптимального управления;</li> <li>– формулировать критерии оптимизации и оптимальности при моделировании систем управления;</li> <li>– производить формализацию задач оптимизации и оптимального управления;</li> <li>– работать со специализированным программным обеспечением для решения оптимизационных задач;</li> <li>– применять оптимизационные методы для исследования и проектирования математических моделей процессов и объектов автоматизации и управле-</li> </ul>	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																																																																																										
	ния;	<table border="1" data-bbox="1059 277 2018 699"> <thead> <tr> <th>Номер варианта</th> <th><math>k_1</math></th> <th><math>k_2</math></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="1010 735 2125 804">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="1046 900 2036 1251"> <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> <p data-bbox="1010 1273 2125 1303">3. Решить задачу линейного программирования геометрическим методом:</p>			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
		$f = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 10 \\ -2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + 4x_2 \geq 8 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$ <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> $\begin{pmatrix} 2 & 5 & 2 \\ 4 & 1 & 5 \\ 3 & 6 & 8 \end{pmatrix}$
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– методикой сведения практических задач оптимизации к канонической форме (формализации задач);</li> <li>– навыками реализации алгоритмов</li> </ul>	<p>1. В результате эксперимента определены значения некоторой величины <math>y = y^3(x_i)</math>, соответствующие определенным значениям другой переменной <math>x = x_i</math>. При этом установлено, что между величинами <math>y</math> и <math>x</math> существует функциональная зави-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																																																																																																																																																																																	
	<p>численной оптимизации с использованием программных средств;</p> <p>– аналитическим конструированием оптимальных регуляторов и практическими способами определения коэффициентов стабилизирующего управления.</p>	<p>симось, причем вид функции <math>y^T = f(x_i) = ax_i^2 + bx_i + c</math> известен. Требуется с помощью метода многомерной оптимизации определить такое значение параметров <math>a, b, c</math> 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 <math>a, b, c</math> необходимо построить график функции <math>y^T = f(x)</math> и отметить на нем экспериментальные точки. Значения параметров <math>a, b, c</math> следует искать с абсолютной погрешностью <math>\varepsilon = 0,01</math>.</p> <table border="1" data-bbox="965 735 2107 1362"> <thead> <tr> <th rowspan="2"><math>x_i</math></th> <th colspan="10">Значения <math>y_i = y(x_i)</math></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>2. Используя численный метод минимизации, найти оптимальное значение</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>постоянной времени и времени запаздывания для указанной кривой разгона при коэффициенте передачи <math>0,1 \text{ м}^3/\text{с}</math>. Кривая разгона аналитически описывается выражением:</p> $h^T(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t < \tau \\ k \left( 1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right), & \text{при } t > \tau \end{cases}$ <p>Интервал разбить на 10 участков. Составить алгоритм решения и реализовать его на ЭВМ. Сравнить результаты расчета с результатом графического определения искомых величин. Построить <math>h(t)</math> по результатам численного определения и графического определения на одном графике.</p>  <p>3. В камерной печи происходит нагрев заготовки:</p>  <p>Параметрами нагрева являются:  <math>V_T</math> – расход топлива в печь, <math>\text{м}^3/\text{ч}</math>;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																					
		<p> <math>T_{CM}</math> – среднемассовая температура заготовки, °С;  <math>T_{RP}</math> – температура рабочего пространства печи, °С;  <math>T_{ПОВ}</math> – температура поверхности заготовки, °С;  <math>T_{Ц}</math> – температура центра заготовки, °С.         </p> <p>В качестве управляющего воздействие здесь выступает расход топлива.</p> <p>За заданное время <math>T</math> необходимо обеспечить нагрев заготовки от заданной начальной температуры <math>T^0</math> до заданной конечной температуры <math>T^K</math>, 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><b>Параметры задачи:</b> начальная температура <math>T^0 = 0</math> °С; конечная температура <math>T^K = 1250</math> °С; время нагрева <math>T=250</math> мин.</p> <p>Для численного решения рекомендуется использовать следующие значения параметров задачи: шаг по времени <math>h=1</math> мин; коэффициент масштабирования управляющего воздействия <math>(k_1)^2 = 10^{-5}</math>.</p> <table border="1" data-bbox="1115 879 1966 1351"> <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><math>T_1</math></th> <th><math>T_2</math></th> <th><math>T_3</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td><td>1</td><td>100</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>2</td><td>50</td><td>20</td><td>-</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>1</td><td>85</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>2</td><td>35</td><td>30</td><td>-</td></tr> <tr><td>5</td><td>2</td><td>1</td><td>80</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>6</td><td>4</td><td>2</td><td>40</td><td>40</td><td>-</td></tr> <tr><td>7</td><td>5</td><td>3</td><td>25</td><td>25</td><td>25</td></tr> <tr><td>8</td><td>3</td><td>1</td><td>90</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>9</td><td>4</td><td>2</td><td>50</td><td>25</td><td>-</td></tr> <tr><td>10</td><td>2</td><td>1</td><td>110</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	-	-	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	-	-
№ 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.

## **8 Учебно-методические и информационное обеспечение дисциплины**

### **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:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows XP Professional	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017 Д-593-16 от 20.05.2016	бессрочно
Microsoft Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
Microsoft Visual Studio 2010 Professional	Свободно распространяемое	бессрочно

#### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer	<a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>
Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга	<a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>
Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference	<a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум»	<a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
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
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебно-методической документации