

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры

к.э.н., доцент  Космачева И. В.

« 20 »  2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,
информационных технологий и
управляющих систем

к.т.н., доцент  А. В. Белоусов

« 20 »  2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

ТЕОРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроэнергетические системы и сети

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В. Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.

Составитель: канд. техн. наук  А. С. Солдатенков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А. В. Белоусов

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А. Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Проектный	ПК-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей	ПК-1.2. Способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	<p>Знания основных понятий и определений теории оптимизации, численных методов поиска условного и безусловного экстремума функций;</p> <p>Умения ставить и классифицировать задачи поиска экстремума функции, выбирать и применять на практике методы численного поиска экстремума функций;</p> <p>Навыки создания, тестирования и отладки программ, реализующих численные методы поиска экстремума функций при анализе вариантов, разработке и поиске компромиссных решений.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Теория оптимизации
2	Расчет режимов электроэнергетических систем
3	Оперативно-диспетчерское управление в энергетических системах
4	Производственная научно-исследовательская работа
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации зачет (2 семестр)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект	-	-

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	51	51
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Общая постановка задачи оптимизации					
1.1	Основные понятия и определения. Постановка задачи поиска экстремума. Классификация. Глобальный и локальный экстремумы. Поверхность уровня. Градиент и антиградиент функции. Матрица Гессе. Квадратичные формы. Выпуклость функций.	2		2	3
2. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума					
2.1	Постановка задачи. Применение угловых и главных миноров. Критерий проверки достаточных условий экстремума (критерий Сильвестра). Критерий проверки необходимых условий экстремума. Применение собственных значений матрицы Гессе. Алгоритм решения задачи.	2		6	7
3. Необходимые и достаточные условия условного экстремума					
3.1	Постановка задачи и основные определения. Ограничения. Функции Лагранжа. Градиент обобщенной и классической функций Лагранжа. Дифференциалы функций-ограничений и функций Лагранжа.	2			1
3.2	Условный экстремум при ограничениях типа равенств. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума. Регулярные и нерегулярные точки экстремума. Алгоритм решения задачи.	2			1
3.3	Условный экстремум при ограничениях типа неравенств. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума. Алгоритм решения задачи.	2			1
3.4	Условный экстремум при ограничениях смешанного	2			1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
	типа. Постановка задачи. Необходимые и достаточные условия экстремума. Алгоритм решения задачи.				
4. Численные методы поиска безусловного экстремума					
4.1	Общие принципы построения численных методов поиска безусловного экстремума. Классификация методов. Минимизирующие и сходящиеся последовательности. Сходимость.	2			1
4.2	Методы одномерной минимизации нулевого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод равномерного поиска. Метод деления интервала пополам. Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи.	2		8	9
4.3	Методы первого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод градиентного спуска с постоянным шагом. Метод наискорейшего градиентного спуска.	2		6	7
4.4	Методы первого порядка. Метод покоординатного спуска. Метод Гаусса-Зейделя.	2		6	7
4.5	Методы второго порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод Ньютона. Метод Ньютона-Рафсона.	2			1
5. Численные методы поиска условного экстремума					
5.1	Общие принципы построения численных методов поиска условного экстремума. Классификация методов.	2			1
5.2	Методы последовательной безусловной минимизации. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод штрафных функций. Метод барьерных функций.	2		3	4
5.3	Методы последовательной безусловной минимизации. Комбинированный метод штрафных функций. Метод множителей.	2		3	4
6. Методы решения задач линейного программирования					
6.1	Симплекс-метод Данцига. Решение основной и канонической задач. Постановка задачи и стратегия поиска. Многогранник решения. Симплекс-таблица. Модифицированный симплекс-метод. Сходимость.	2			1
6.2	Решение задач линейного целочисленного программирования. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод ветвей и границ.	2			1
6.3	Решение транспортных задач. Постановка задачи и стратегия решения. Метод северо-западного угла.	2			1
	ВСЕГО	34		34	51

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 4				
1	Общая постановка задачи оптимизации	Основные понятия и определения задачи поиска экстремума	2	2
2	Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума	Решение задач поиска безусловного экстремума	6	6
3	Численные методы поиска безусловного экстремума	Численный поиск безусловного экстремума методами нулевого порядка	8	8
4	Численные методы поиска безусловного экстремума	Численный поиск безусловного экстремума методами первого порядка	6	6
5	Численные методы поиска безусловного экстремума	Численный поиск безусловного экстремума методами второго порядка	6	6
6	Численные методы поиска условного экстремума	Численный поиск условного экстремума методами последовательной безусловной минимизации	6	6
ИТОГО:			34	34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено одно расчетно-графическое задание.

Целью РГЗ является привитие навыков применения методов математического анализа вариантов и поиска компромиссных решений на примере задачи линейного программирования.

В результате выполнения требуется решить задачу оптимизации с учетом заданных ограничений симплекс-методом: найти значения неизвестных $x_j \geq 0, j = 1, \dots, 4$, при которых целевая функция достигает минимального (максимального) значения, а также вычислить значение целевой функции в точке оптимума; при необходимости, предварительно привести задачу к каноническому виду. Пример варианта задания приведен ниже:

$$f(x) = -3x_1 - 4x_2 \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} 6x_1 + 6x_2 + x_3 = 36, \\ 4x_1 + 8x_2 + x_4 = 32, \\ x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 4 \end{cases}$$

В отчете должны быть представлены: постановка задачи, численное решение (с иллюстрацией таблиц вычислений), описание подпрограмм, блок-схемы алгоритмов (подпрограммы и программа в целом), текст программы и результаты вычислений.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.2. Способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	Зачет, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется после завершения изучения дисциплины в конце **второго семестра** в форме зачета.

Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общая постановка задачи оптимизации	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поиск экстремума функций. Общая постановка задачи. 2. Локальный и глобальный экстремумы. Классификация задач поиска экстремума функций. 3. Понятия градиента функций и матрицы Гессе. Квадратичные формы. Классификация. 4. Понятия выпуклости множеств и функций. Строго выпуклые и сильно выпуклые функции.
2	Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума	<ol style="list-style-type: none"> 5. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума. Постановка задачи и общий алгоритм решения. 6. Необходимые условия безусловного экстремума первого и второго порядка. 7. Достаточные условия безусловного экстремума функций. Главные и угловые миноры.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		<p>8. Критерий проверки достаточных условий безусловного экстремума функций (критерий Сильвестра).</p> <p>9. Критерий проверки необходимых условий безусловного экстремума второго порядка.</p>
3	Необходимые и достаточные условия условного экстремума	<p>10. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Постановка задачи. Ограничения.</p> <p>11. Обобщенная и классическая функции Лагранжа. Градиент функции Лагранжа.</p> <p>12. Дифференциалы ограничений и функции Лагранжа. Пример вычисления.</p> <p>13. Активные, пассивные ограничения. Линейно-зависимые градиенты ограничений.</p> <p>14. Условный экстремум при ограничениях типа равенств. Постановка задачи и алгоритм решения.</p> <p>15. Условный экстремум при ограничениях типа неравенств. Постановка задачи и алгоритм решения.</p> <p>16. Условный экстремум при смешанных ограничениях. Постановка задачи и алгоритм решения.</p>
4	Численные методы поиска безусловного экстремума	<p>17. Численные методы поиска безусловного экстремума. Классификация методов. Общие принципы.</p> <p>18. Методы одномерной минимизации нулевого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод равномерного поиска.</p> <p>19. Методы одномерной минимизации нулевого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод деления интервала пополам.</p> <p>20. Методы одномерной минимизации нулевого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод золотого сечения.</p> <p>21. Методы одномерной минимизации нулевого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод Фибоначчи.</p> <p>22. Методы первого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод градиентного спуска с постоянным шагом.</p> <p>23. Методы первого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод наискорейшего градиентного спуска.</p> <p>24. Методы первого порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод Гаусса-Зейделя.</p> <p>25. Методы второго порядка. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод Ньютона.</p>
5	Численные методы поиска условного экстремума	<p>26. Общие принципы построения численных методов поиска условного экстремума. Классификация методов.</p> <p>27. Методы последовательной безусловной минимизации. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод штрафов.</p> <p>28. Методы последовательной безусловной минимизации. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод барьерных функций.</p> <p>29. Методы последовательной безусловной минимизации. Постановка задачи и стратегия поиска. Комбинированный метод штрафных функций.</p> <p>30. Методы последовательной безусловной минимизации. Постановка задачи и стратегия поиска. Метод множителей.</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
6	Методы решения задач линейного программирования	31. Линейное программирование. Постановка задачи. Канонический вид задачи. Приведение к каноническому виду. Матричная форма записи. 32. Многогранник решений задачи линейного программирования. Пример построения. 33. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом. Симплекс-таблица.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение 2 семестра в форме собеседования, защиты лабораторных работ, выполнения и защиты РГЗ.

Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания, рассмотрены практические примеры, даны варианты выполнения и перечень контрольных вопросов.

Лабораторные работы проводятся в форме самостоятельного написания программ в инструментальной среде Microsoft Visual Studio 2019 на языке C++ для решения типовых задач, и представлением реализованного алгоритма в виде блок-схем в соответствии с изученным теоретическим материалом с последующим обсуждением полученных результатов. При этом используются профессиональные термины и понятия, проводится аналогия методов, изученных в рамках теоретического материала с конкретной практической задачей, выявляются взаимосвязи между отдельными изучаемыми разделами, проводится сравнение между планируемыми и фактическими результатами.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. В результате собеседования студент должен описать сущность предлагаемого алгоритма решения поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд и символов в программе, а также показать связь между программой и блок-схемой алгоритма.

Лабораторная работа № 1. Основные понятия и определения задачи поиска экстремума.

Типовые варианты заданий

1. Найти точки экстремума функции $f(x) = \frac{(x_1 - 3)^2}{4} + \frac{(x_2 + 2)^2}{9}$ на

множестве R^2 .

2. Найти точки экстремума функции $f(x) = -(x_1 + 13)^2 - \frac{(x_2 + 4)^2}{16}$ на множестве R^2 .
3. Найти точки экстремума функции $f(x) = (2x_1 + 15)^2 + \frac{(x_2 - 3)^2}{8}$ на множестве R^2 .
4. Найти точки экстремума функции $f(x) = \frac{1}{x}$ на множестве $X = \{x \mid 0 < x < 2\}$.
5. Найти точки экстремума функции $f(x) = (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 1)^2$ на множестве $X = \{x \mid x_1 + x_2 = 0\}$.
6. Найти точки экстремума функции $f(x) = (x_1 + 1)^2 - (x_2 + 1)^2$ на множестве $X = \{x \mid x_1 + 2x_2 = 0\}$.
7. Найти точки экстремума функции $f(x) = x_1^2 - 4x_1x_2 + 4x_2^2$ на множестве R^2 .
8. Найти точки экстремума функции $f(x) = x_1^2 - 4x_1x_2 - 3x_2^2$ на множестве R^2 .
9. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = x_1^3 + x_2^3 - 3x_1x_2$ в точке $(0, 0)^T$.
10. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = \frac{x_1^2}{4} + x_2^2$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.
11. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = x_1^2 - 4x_1x_2 + 4x_2^2$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.
12. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = \frac{x_1^2}{4} - 3x_2^2$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.
13. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = \frac{x_1^2}{2} + 4x_2^2$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.
14. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = \frac{x_1^2}{9} - x_2^2$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.
15. Проверить знакоопределенность матрицы Гессе целевой функции $f(x) = x_1^2 - 3\frac{x_2^2}{2}$. Исследовать целевую функцию на выпуклость.

Лабораторная работа № 2. Решение задач поиска безусловного экстремума.

Типовые варианты заданий

Найти безусловный экстремум функции $f(x) = (n + 10)x_1^2 + 2nx_1x_2 + (n + 30)x_2^2 - 4(n + 15)x_1 - 12nx_2$,

где n – номер варианта ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Лабораторная работа № 3. Численный поиск безусловного экстремума методами нулевого порядка.

Типовые варианты заданий

Методами равномерного поиска, деления интервала пополам, золотого сечения, Фибоначчи решить задачу поиска безусловного экстремума:

$$f(x) = x^2 - 6nx + 14 \rightarrow \min, \quad L_0 = [-1, 4n],$$

где n – номер варианта ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Лабораторная работа № 4. Численный поиск безусловного экстремума методами первого порядка.

Типовые варианты заданий

Методами градиентного и наискорейшего градиентного спуска, методами покоординатного спуска и Гаусса-Зейделя решить задачу поиска безусловного экстремума функции:

$$f(x) = nx_1^3 - nx_1x_2 + x_2^2 - \frac{2}{n}x_1 + 3(n-1)x_2 - 4n \rightarrow \min, \quad x^0 = (0, 0)^T,$$

где n – номер варианта ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Лабораторная работа № 5. Численный поиск безусловного экстремума методами второго порядка.

Типовые варианты заданий

Методами Ньютона и Ньютона-Рафсона решить задачу поиска безусловного экстремума функции:

$$f(x) = n^2x_1^2 - x_1x_2 + \frac{(n+1)^2}{2}x_2^2 - nx_1,$$

где n – номер варианта ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Лабораторная работа № 6. Численный поиск условного экстремума методами последовательной безусловной минимизации.

Типовые варианты заданий

Методами штрафов, барьерных функций, комбинированным методом штрафных функций решить задачу поиска условного экстремума функции:

$$f(x) = x_1^2 - nx_1 + 4x_2^2 - (n+1)x_2 + 3 \rightarrow \min, \\ nx_1 + 2x_2 = 2n,$$

где n – номер варианта ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

Защита расчетно-графического задания возможна после проверки правильности работы программы, корректности обработки входных данных, выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. В результате

собеседования студент должен описать сущность выбранного алгоритма решения поставленной задачи, обосновать выбор данного алгоритма, описать его преимущества и недостатки, пояснить функциональное назначение всех команд в программе, и показать связь между программой и блок-схемой реализованных алгоритмов.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: не зачтено, зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание основных понятий и определений теории оптимизации
	Знание основных численных методов поиска условного и безусловного экстремума функций
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Постановка и классификация задач поиска экстремума функции
	Выбор и применение на практике методов численного поиска экстремума функций
	Полнота и качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Качество оформления отчетов по заданию
Навыки	Самостоятельное создание, тестирование и отладка программ, реализующих численные методы поиска экстремума функций

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание основных понятий и определений теории оптимизации	Не знает никаких понятий и определений теории оптимизации	Знает основные понятия, термины и определения теории оптимизации
Знание основных численных методов поиска условного и безусловного экстремума функций	Не знает никаких численных методов поиска условного и безусловного экстремума функций	Знает основные численные методы поиска условного и безусловного экстремума функций, и способы дополнительного исследования найденных регулярных точек
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности, не понимает, что говорит	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя,

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
		выполняет пояснения точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Постановка и классификация задач поиска экстремума функции	Не умеет ставить и классифицировать задачи поиска экстремума функции	Самостоятельно ставит и классифицирует все задачи поиска экстремума функции
Выбор и применение на практике методов численного поиска экстремума функций	Не умеет выбирать и применять на практике ни одного метода численного поиска экстремума функций	Выбирает наилучший метод численного поиска экстремума функции и самостоятельно применяет его на практике
Полнота и качество выполненного задания	Задание выполнено неверно, программа не компилируется	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Самостоятельность выполнения задания	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Самостоятельно выполняет задание
Качество оформления отчетов по заданию	Отчеты оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники и методы

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Самостоятельное создание, тестирование и отладка программ, реализующих численные методы поиска экстремума функций	Не умеет работать в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, не может ни создать новый проект, ни открыть существующий, ни выполнять компиляцию, тестирование и отладку программы	Самостоятельно работает в инструментальной среде Microsoft Visual Studio, может настраивать ее под свои задачи и выполнять типовые операции

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Компьютерный зал кафедры электроэнергетики и электротехники	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, персональные компьютеры (Intel Core i7-3770/ H81/

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
		8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/LAN100Мб/DWD-RW), подключенные к сети «Интернет» с доступом в электронную информационно-образовательную среду
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Microsoft Visual Studio 2019 Community	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
6	PTC MathCad Prime 4.0 Express	Бесплатная ознакомительная версия
7	SMath Studio 0.98 (сборка 6484)	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Кошев А.Н. Численные методы решения задач оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Кошев, В.В. Кузина. — Электрон. текстовые данные. — Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2012. — 132 с. — 978-5-9282-0837-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75303.html>
2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2011. — 424 с. — 978-5-98704-540-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9093.html>
3. Компьютерные методы математических исследований [Электронный ресурс]: методические указания к самостоятельной работе по дисциплинам «Численные методы» и «Компьютерное моделирование» / . — Электрон.

текстовые данные. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. — 30 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55102.html>

4. Аттетков А.В. Численные методы решения задач многомерной безусловной минимизации. Часть 1. Методы первого и второго порядков [Электронный ресурс] : методические указания по курсу «Методы оптимизации» / А.В. Аттетков, А.Н. Канатников, Е.С. Тверская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2009. — 48 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31795.html>
5. Барышникова М.Ю. Основы программирования на C/C++. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ М.Ю. Барышникова, А.В. Силантьева. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2007. — 70 с. — 978-5-7038-2939-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31492.html>
6. Тарасов В.Н. Численные методы. Теория, алгоритмы, программы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Н. Тарасов, Н.Ф. Бахарева. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 266 с. — 5-7410-0451-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71903.html>
7. Зоткин С.П. Программирование на языке высокого уровня C/C++ [Электронный ресурс] : конспект лекций / С.П. Зоткин. — 3-е изд. — Электрон. текстовые данные. — М. : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2018. — 140 с. — 978-5-7264-1810-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76390.html>

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. ISO/IEC JTC1/SC22/WG21 – Комитет по стандартизации C++. ISO/IEC 14882:1998(E) Язык программирования C++ (англ.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/>. – Заглавие с экрана.
2. Стандартные библиотеки и язык C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh875057.aspx>. – Заглавие с экрана.
3. Портал о программировании Code-Live. C++ с нуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/>. – Заглавие с экрана.
4. C++ reference. C reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.cppreference.com/w/>. – Заглавие с экрана.
5. Руководства и справочные материалы по C/C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.codenet.ru/cat/Languages/C-CPP/Tutorials/>. – Заглавие с экрана.
6. Хабрахабр, крупнейший в Европе ресурс для IT-специалистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru>. – Заглавие с экрана.

7. Online Documentation - Developer Express Inc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://documentation.devexpress.com/>. – Заглавие с экрана.
8. Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.visualstudio.com/ru/>. – Заглавие с экрана.
9. Вычислительные методы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вычислительные_методы. – Заглавие с экрана.
10. АЛЁНА С++. Программирование для прагматиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alenacpp.blogspot.ru>. – Заглавие с экрана.
11. С++. Форум программистов С++. Обсуждение языка программирования С++. Помощь в решении задач, ответы на вопросы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
12. Язык С++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prog-cpp.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
13. Программирование С++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://function-x.ru/comp_prog_cpp.html. – Заглавие с экрана.
14. Руководство по языку программирования С++ [Электронный ресурс]: METANIT.COM Сайт о программировании. – Режим доступа: <https://metanit.com/cpp/tutorial/>. – Заглавие с экрана.