

**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  Ярмоленко И. В.

« 28 »  2019 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,  
информационных технологий и  
управляющих систем

к.т.н, доцент  А. В. Белоусов  
« 28 »  2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**ТЕОРИЯ ОПТИМИЗАЦИИ**

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика механизмов и технологических комплексов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2019

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 2019 году.

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

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 18 » мая 20 19 г., протокол № 12

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

« 18 » мая 20 19 г.

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

« 28 » мая 20 19 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	ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции электропривода	ПКВ-1.2. Способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	<p><b>Знания</b> основных понятий и определений теории оптимизации, численных методов поиска условного и безусловного экстремума функций;</p> <p><b>Умения</b> ставить и классифицировать задачи поиска экстремума функции, выбирать и применять на практике методы численного поиска экстремума функций;</p> <p><b>Навыки</b> 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** ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции систем электроснабжения и электроэнергетических сетей.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Теория оптимизации
2	Нейро-нечеткое управление в электроприводе
3	Производственная научно-исследовательская работа
4	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
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	71	71
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	3	3
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	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.				
<b>4. Численные методы поиска безусловного экстремума</b>					
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
<b>5. Численные методы поиска условного экстремума</b>					
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 штрафов. Метод барьерных функций.	2		3	4
5.3	Методы последовательной безусловной минимизации. Комбинированный метод штрафных функций. Метод множителей.	2		3	4
<b>6. Методы решения задач линейного программирования</b>					
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
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>		<b>34</b>	<b>51</b>

#### 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:

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

$$\begin{cases} 6x_1 + 6x_2 + x_3 = 36, \\ 4x_1 + 8x_2 + x_4 = 32, \end{cases}$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, 4$$

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 ПКВ-1. Способен разрабатывать концепции электропривода.**

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПКВ-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"> <li>1. Поиск экстремума функций. Общая постановка задачи.</li> <li>2. Локальный и глобальный экстремумы. Классификация задач поиска экстремума функций.</li> <li>3. Понятия градиента функций и матрицы Гессе. Квадратичные формы. Классификация.</li> <li>4. Понятия выпуклости множеств и функций. Строго выпуклые и сильно выпуклые функции.</li> </ol>
2	Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума. Постановка задачи и общий алгоритм решения.</li> <li>6. Необходимые условия безусловного экстремума первого и второго порядка.</li> <li>7. Достаточные условия безусловного экстремума функций. Главные и угловые миноры.</li> <li>8. Критерий проверки достаточных условий безусловного экстремума функций (критерий Сильвестра).</li> <li>9. Критерий проверки необходимых условий безусловного экстремума второго порядка.</li> </ol>
3	Необходимые и достаточные условия условного	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Постановка задачи. Ограничения.</li> <li>11. Обобщенная и классическая функции Лагранжа. Градиент</li> </ol>

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



### 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 суть 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, 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

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
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 оформлены настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Отчеты 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/ 8192Mb/ 1Tb/ 21.5"IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/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 С/С++ [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 С++. ISO/IEC 14882:1998(E) Язык программирования С++ (англ.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.open-std.org/jtc1/sc22/wg21/>. – Заглавие с экрана.
2. Стандартные библиотеки и язык С++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh875057.aspx>. – Заглавие с экрана.
3. Портал о программировании Code-Live. С++ с нуля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/>. – Заглавие с экрана.
4. С++ reference. С reference [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.cppreference.com/w/>. – Заглавие с экрана.
5. Руководства и справочные материалы по С/С++ [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](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](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.



## **7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа утверждена на 2020 /2021 учебный год без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Заведующий кафедрой

А.В. Белоусов

Директор института

А.В. Белоусов

## **7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

Рабочая программа утверждена на 2021 /2022 учебный год без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой

А.В. Белоусов

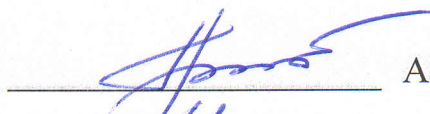
Директор института

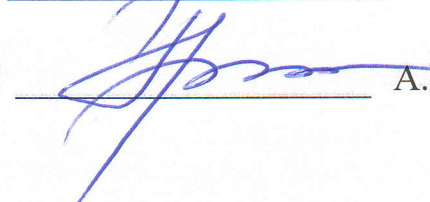
А.В. Белоусов

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от «15» мая 2021г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.

Директор института \_\_\_\_\_  Белоусов А.В.