

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

канд. техн. наук, доцент _____ А.В. Белоусов

«_____» _____ 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
факультативной дисциплины

Математическое моделирование

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является знакомство студентов с теоретическими основами построения вычислительных алгоритмов с их обоснованием, а также приобретение достаточных знаний для разработки новых алгоритмов.

Основными задачами являются:

1. Изучение основ численных методов на базе классических задач.
2. Освоение методов математического моделирования, основывающихся на вычислительной базе современного программного обеспечения.
3. Выработка практических навыков по применению изученных алгоритмов и их реализации на ЭВМ.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-4	Способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: знать: основные методы и алгоритмы численного решения задач линейной алгебры, теории приближения функций, интегрального и дифференциального исчисления; а также подходы к оценке и повышению точности вычислений; уметь: решать задачи, находящиеся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности с применением численных методов; владеть: навыками создания, тестирования и отладки программ, реализующих численные методы для решения задач в области профессиональной деятельности.
Профессиональные			
2	ПК-7	Способность применять методы анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: знать: основные понятия и определения теории оптимизации, а также численные методы поиска условного и безусловного экстремума функций; уметь: ставить и классифицировать задачи поиска экстремума функции, выбирать и применять на практике методы численного поиска экстремума; владеть: навыками создания, тестирования и отладки программ, реализующих численные методы поиска экстремума при анализе вариантов, разработке и поиске компромиссных решений.

3. ОБЪЕМ ФАКУЛЬТАТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость составляет 2 зач. единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость, час	72
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	34
Лекции	17
Лабораторные занятия	17
Практические занятия	–
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	38
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	38
Форма промежуточной аттестации	Зачет

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент					
1.1	Численные методы как раздел современной математики. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности числа и функции. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. Неустойчивые алгоритмы. Особенности машинной арифметики.	1	–	–	1
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений					
2.1	Постановка задачи. Прямые методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса (схема единственного деления). Метод Гаусса с выбором главного элемента. Метод Гаусса-Жордана. Связь метода Гаусса с разложением матрицы на множители. Теорема об LU разложении. Вычисление определителей. Обращение матриц.	1	–	2	3
2.2	Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений. Число обусловленности матрицы. Итерационные методы численного решения систем линейных алгебраических уравнений. Стационарные и	1	–	2	3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	нестационарные методы. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных градиентов. Сходимость итерационных методов.				
3. Решение нелинейных уравнений и их систем					
3.1	Вычисление корней нелинейных уравнений. Основные этапы решения. Метод половинного деления. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Метод простых итераций. Метод релаксаций. Сходимость.	1	–	2	4
3.2	Решение систем нелинейных уравнений. Метод простых итераций. Метод Зейделя. Метод Ньютона. Модификации метода Ньютона. Сходимость и оценка погрешности.	1	–	2	4
4. Приближение функций					
4.1	Постановка задачи и основные определения. Существование и единственность обобщенного интерполяционного многочлена. Интерполирование алгебраическими многочленами. Конечные и разделённые разности. Интерполяционные полиномы Лагранжа и Ньютона. Оценка погрешности интерполяции.	1	–	2	3
4.2	Экстраполяция. Обратная интерполяция. Наилучшее приближение. Аппроксимация функций методом наименьших квадратов.	2	–	2	4
5. Численное интегрирование и дифференцирование					
5.1	Интерполяционные квадратурные формулы. Квадратурные формулы прямоугольников, трапеций, Симпсона. Погрешность. Правило Рунге практической оценки погрешности интегрирования. Формулы Ньютона-Котеса. Численная устойчивость квадратурных формул. Квадратурные формулы Гаусса.	1	–	2	3
6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем					
6.1	Постановка задачи Коши. Явные и неявные методы. Одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера. Метод Эйлера-Коши (прогноза-коррекции). Методы Рунге-Кутты. Контроль точности вычисления.	1	–	2	3
6.2	Решение задачи Коши для обыкновенных	1	–	–	1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	дифференциальных уравнений высших порядков, дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, систем дифференциальных уравнений.				
7. Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными					
7.1	Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией дифференциальных задач: аппроксимация, порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость, порядок сходимости (точность). Постановка задачи для решения уравнений параболического типа. Понятие о методе конечных разностей. Основные определения и конечно-разностные схемы. Аппроксимация граничных условий, содержащих производные.	2	–	–	2
8. Общая постановка задачи оптимизации					
8.1	Основные понятия и определения. Постановка задачи поиска экстремума. Глобальный и локальный экстремумы. Поверхность уровня. Градиент функции. Матрица Гессе. Квадратичные формы. Выпуклость функций.	2	–	–	2
9. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума					
9.1	Постановка задачи. Применение угловых и главных миноров. Критерий проверки достаточных условий экстремума (критерий Сильвестра). Критерий проверки необходимых условий экстремума второго порядка. Применение собственных значений матрицы Гессе. Алгоритм решения задачи.	2	–	1	2
10. Необходимые и достаточные условия условного экстремума					
10.1	Постановка задачи и основные определения. Ограничения. Функция Лагранжа. Градиент функции Лагранжа. Дифференциалы ограничений и функции Лагранжа.	1	–	–	1
10.2	Условный экстремум при ограничениях типа равенств, неравенств и смешанных ограничениях. Постановка задачи. Необходимые условия экстремума. Регулярные и нерегулярные точки экстремума. Алгоритм решения задачи.	1	–	–	1
11. Методы решения задач линейного программирования					
11.1	Симплекс-метод Данцига. Решение основной и канонической задач. Постановка задачи и стратегия поиска.	1	–	–	1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	Многогранник решения. Симплекс-таблица. Модифицированный симплекс-метод. Сходимость.				
	ИТОГО	17	–	17	38

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Математическое моделирование и вычислительный эксперимент	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия математического моделирования. Методология "Модель-алгоритм-программа". 2. Понятие вычислительного эксперимента. Роль компьютерно-ориентированных численных методов в исследовании сложных математических моделей. 3. Требования к численным методам. Понятия корректности и устойчивости. 4. Классификация погрешностей. Абсолютная и относительная погрешности числа и функции. Прямая и обратная задачи теории погрешностей. 5. Особенности машинной арифметики. Машинное представление целых и вещественных чисел.
2.	Решение систем линейных алгебраических уравнений	<ol style="list-style-type: none"> 6. Постановка задачи и классификация численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений. 7. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса. 8. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса с выбором главного элемента. 9. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Жордана. 10. Вычисление определителя матрицы методом Гаусса. 11. Вычисление обратной матрицы методом Гаусса. 12. Теорема об LU разложении. Связь метода Гаусса с разложением матрицы на множители. 13. Векторные и матричные нормы. Согласованность норм. Сходимость последовательности векторов и матриц. 14. Обусловленность систем линейных алгебраических уравнений. Число обусловленности матрицы. 15. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом простых итераций. 16. Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Зейделя.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
3.	Решение нелинейных уравнений и их систем	17. Постановка задачи решения нелинейных уравнений. Этапы решения. 18. Решение нелинейных уравнений методом половинного деления. 19. Решение нелинейных уравнений методом Ньютона. 20. Решение нелинейных уравнений с применением модифицированных методов Ньютона. 21. Решение нелинейных уравнений методом простых итераций. 22. Решение систем нелинейных уравнений методом простых итераций. 23. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона.
4.	Приближение функций	24. Постановка задачи приближения функций. Основные определения. Единственность интерполяционного многочлена. 25. Приближение функций с применением интерполяционного полинома Лагранжа. 26. Понятия конечных и разделенных разностей. Свойства. 27. Приближение функций с применением первой интерполяционной формулы Ньютона. 28. Приближение функций с применением второй интерполяционной формулы Ньютона. 29. Постановка задачи экстраполяции. Применение интерполяционных полиномов Лагранжа и Ньютона. 30. Постановка задачи обратной интерполяции. Возможность применения полиномов Лагранжа и Ньютона. 31. Наилучшее приближение функций. Постановка задачи. Аппроксимация методом наименьших квадратов.
5.	Численное интегрирование и дифференцирование	32. Численное интегрирование функций. Постановка задачи. Квадратурные формулы. 33. Численное интегрирование функций методом прямоугольников. 34. Численное интегрирование функций методом трапеций. 35. Численное интегрирование функций методом Симпсона. 36. Правило Рунге практической оценки погрешности численного интегрирования функций. 37. Квадратурные формулы Гаусса численного интегрирования.
6.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем	38. Постановка задачи Коши решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Классификация методов. 39. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Эйлера. 40. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений уточненным методом Эйлера. 41. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом прогноза и коррекции. 42. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений неявным методом Эйлера. 43. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты. 44. Контроль точности вычислений при решении обыкновенных дифференциальных уравнений. 45. Решение систем обыкновенных дифференциальных

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		уравнений. Постановка задачи и пример решения. 46. Решение дифференциальных уравнений высших порядков в форме Коши.
7.	Численное решение дифференциальных уравнений с частными производными	47. Постановка задачи решения дифференциальных уравнений с частными производными. Конечно-разностная аппроксимация. 48. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом сеток. 49. Решение дифференциальных уравнений с частными производными методом итераций.
8.	Общая постановка задачи оптимизации	50. Поиск экстремума функций. Общая постановка задачи. 51. Локальный и глобальный экстремумы. Классификация задач поиска экстремума функций. 52. Понятия градиента функций и матрицы Гессе. Квадратичные формы. Классификация. 53. Понятия выпуклости множеств и функций. Строго выпуклые и сильно выпуклые функции.
9.	Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума	54. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума. Постановка задачи и общий алгоритм решения. 55. Необходимые условия безусловного экстремума первого и второго порядка. 56. Достаточные условия безусловного экстремума функций. Главные и угловые миноры. 57. Критерий проверки достаточных условий безусловного экстремума функций (критерий Сильвестра). 58. Критерий проверки необходимых условий безусловного экстремума второго порядка.
10.	Необходимые и достаточные условия условного экстремума	59. Необходимые и достаточные условия условного экстремума. Постановка задачи. Ограничения. 60. Обобщенная и классическая функции Лагранжа. Градиент функции Лагранжа. 61. Дифференциалы ограничений и функции Лагранжа. Пример вычисления. 62. Активные, пассивные ограничения. Линейно-зависимые градиенты ограничений. 63. Условный экстремум при ограничениях типа равенств. Постановка задачи и алгоритм решения. 64. Условный экстремум при ограничениях типа неравенств. Постановка задачи и алгоритм решения. 65. Условный экстремум при смешанных ограничениях. Постановка задачи и алгоритм решения.
11.	Методы решения задач линейного программирования	66. Линейное программирование. Постановка задачи. Канонический вид задачи. Приведение к каноническому виду. Матричная форма записи. 67. Многогранник решений задачи линейного программирования. Пример построения.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		68. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом. Симплекс-таблица.

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

Зачет представляет собой собеседование преподавателя с обучающимся по изученным темам. Зачет включает ответ на два теоретических вопроса из разных разделов дисциплины, для чего формируются билеты. Для подготовки к ответу на вопросы билета, который студент получает случайным образом, отводится время в пределах 30-40 минут. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель может задать дополнительные вопросы с целью уточнения имеющихся у студента знаний, проверки его индивидуальных возможностей, уровня усвоения материала дисциплины.

Перечень теоретических вопросов по всем разделам дисциплины находится в открытом для студентов доступе, практические задачи рассматриваются в течение семестра на практических занятиях. Перечень вопросов в каждом билете находится в закрытом доступе для студентов. Ежегодно на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения зачета по дисциплине. Зачет в виде собеседования является значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Типовой вариант билета для проведения зачета

БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Дисциплина: «Математическое моделирование»

Билет № ____

1. Требования к численным методам. Понятия корректности и устойчивости.
2. Поиск экстремума функций. Общая постановка задачи.

Одобрено на заседании кафедры « ____ » _____ Протокол № ____
Заведующий кафедрой _____ А.В. Белоусов

5.2. Критерии оценивания зачета

Оценка	Критерии оценивания
5	Студент полностью и правильно ответил на вопросы билета. Студент владеет теоретическим и практическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения. Ответил на все дополнительные вопросы.
4	Студент ответил на вопросы билета с небольшими неточностями. Студент владеет теоретическим и практическим материалом, отсутствуют ошибки при описании

Оценка	Критерии оценивания
	теории. Ответил на большинство дополнительных вопросов.
3	Студент ответил на вопросы билета с существенными неточностями. Студент владеет теоретическим и практическим материалом, при этом допускает ошибки, однако самостоятельно может исправить их, используя конспект лекций, а так же учебно-методические пособия. При ответах на дополнительные вопросы допускает много неточностей.
2	При ответе на теоретические вопросы билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. Допускает существенные ошибки. Используя конспект лекций, а так же справочные материалы и учебную литературу не может правильно ответить на вопросы билета. При ответах на дополнительные вопросы допускает множество неправильных ответов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ

6.1. Перечень основной литературы

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. Кокотушкин Г.А. Численные методы алгебры и приближения функций [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Численные методы» / Г.А. Кокотушкин, А.А. Федотов, П.В. Храпов. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 60 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31590.html>
4. Махмутов М.М. Лекции по численным методам [Электронный ресурс] / М.М. Махмутов. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. — 237 с. — 978-5-93972-626-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16558.html>
5. 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>

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Кондаков Н.С. Основы численных методов [Электронный ресурс] : практикум / Н.С. Кондаков. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский гуманитарный университет, 2014. — 92 с. — 978-5-98079-981-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39690.html>
2. Зенков А.В. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Зенков. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. — 124 с. — 978-5-7996-1781-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68315.html>
3. Вагер Б.Г. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.Г. Вагер. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 152 с. — 978-5-9227-0786-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78584.html>
4. Пименов В.Г. Численные методы. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Пименов. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 112 с. — 978-5-7996-1032-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68410.html>
5. Пименов В.Г. Численные методы. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Пименов, А.Б. Ложников. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 108 с. — 978-5-7996-1342-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68411.html>
6. Шевченко Г.И. Численные методы [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Г.И. Шевченко, Т.А. Куликова. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 107 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62885.html>
7. Костомаров Д.П. Программирование и численные методы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Д.П. Костомаров, Л.С. Корухова, С.Г. Манжелей. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2001. — 224 с. — 5-211-04059-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13108.html>
8. 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>
9. Шевцов Г.С. Численные методы линейной алгебры. [Электронный ресурс] / Г.С. Шевцов, О.Г. Крюкова, Б.И. Мызникова. — Электрон. дан. — СПб.: Лань, 2011. — 496 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/1800> – Загл. с экрана.
10. 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>

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. ISO/IEC JTC1/SC22/WG21 – Коммитет 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. Фридман, А. Язык программирования C++: Информация [Электронный ресурс]/ Фридман А. // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/17/17/info>. – Заглавие с экрана.
11. АЛЁНА C++. Программирование для прагматиков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://alenacpp.blogspot.ru>. – Заглавие с экрана.
12. C++. Форум программистов C++. Обсуждение языка программирования C++. Помощь в решении задач, ответы на вопросы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cyberforum.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
13. Язык C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prog-cpp.ru/cpp/>. – Заглавие с экрана.
14. Программирование C++ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://function-x.ru/comp_prog_cpp.html. – Заглавие с экрана.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные и лабораторные занятия – специализированная аудитория, оснащенная проектором InFocus IN124ST, интерактивной доской, акустической системой SvenRoyal 2 и персональными компьютерами (IntelCorei7-3770/ H81/ 8192Mb/ 1Tb/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Mb/DWD-RW), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет и информационно-образовательную среду.

При проведении занятий и самостоятельной работе студентов используется следующее лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017;
- Microsoft Office Professional Plus 2016 (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017;
- Visual Studio 2013 (№ дог. 63-14к от 02.07.2014);
- Microsoft Imagine (№ дог. 52031/МОС 2793 от 16.06.15г);
- Microsoft Office 365 (№ дог. E04002C51M от 22.06.2016);
- Matlab 2013b, v.8.2.0.701 (№ дог. 362444).

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

Заведующий кафедрой электроэнергетики
и автоматики: канд. техн. наук, доцент _____ А.В. Белоусов

« _____ » _____ 2019 г.