

Шмелёв В.Ф.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



Проректор по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 02 » 10

2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Вычислительная физика

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроизоляционная, конденсаторная и кабельная техника

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

Семестр	Трудоёмкость, зач. ед./ час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаб. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз/зачёт)
пятый	2/72	8		6	58	Зачёт
Итого	2/72	8		6	58	Зачёт

Владимир – 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** изучения дисциплины состоит в физико-математической подготовке специалистов по электротехнике и электроэнергетике в такой степени, чтобы они могли, применяя *численные методы*, выполнять громоздкие расчёты электротехнических устройств и систем электроснабжения, характеристики элементов которых заданы таблично или если для их анализа и синтеза требуется решение систем линейных алгебраических уравнений достаточно большого размера.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Вычислительная физика» относится к вариативной части дисциплин учебного плана направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника» для профиля «Электроизоляционная, конденсаторная и кабельная техника» (блок Б1.В.ДВ). Дисциплина логически и содержательно-методически тесно связана с рядом других дисциплин учебного плана.

Дисциплины «Математика» и «Информатика» формируют необходимые для изучения вычислительных методов способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; способности математического анализа и моделирования процессов в электрических цепях; готовность выявить информационную основу алгоритмической реализации численных методов.

К числу дисциплин, наиболее тесно связанных с «Вычислительной физикой» (ВФ), относится «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ). В результате освоения ТОЭ студенты приобретают необходимые для изучения вычислительных методов знания основных понятий и законов теории электрических цепей как области практического применения численных методов решения систем уравнений. С другой стороны, ВФ является базой для изучения ТОЭ и материаловедения в части приобретения умения количественного представления нелинейностей свойств элементов цепей и материалов. В результате изучения ВФ студенты овладевают программными средствами и вычислительными методами для решения задач теоретической электротехники.

Знания и умения, получаемые в ходе изучения дисциплины «Вычислительная физика» служат базой для последующего изучения таких дисциплин как ТОЭ и «математические задачи электроэнергетики».

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

Знать:

И обладать способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

Численные методы интерполяции, дифференцирования, интегрирования, аппроксимации, решения матричных уравнений и их систем и обладать способностью применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования при решении профессиональных задач (ОПК-2).

Уметь:

Использовать численные методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК - 3).

Владеть:

Вычислительными методами анализа и моделирования физических процессов при решении профессиональных задач (ОПК-2);

Численными методами анализа и моделирования электрических цепей (ОПК - 3).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
B1	Понятие о численных и вычислительных методах. Источники погрешностей при вычислениях	5				1			3		1/100%	
B2	Некоторые наиболее важные понятия функционального	5							4			

	анализа, применяемые при вычислительном моделировании физических явлений									
1	Приближённые числа и действия над ними. Цифровое представление чисел с фиксированной и плавающей точкой. Округление чисел	5					4			
2.1	Вычисление значений многочлена. Схема Горнера. Многочлены Тейлора. Интерполяционный многочлен Лагранжа	5		1			4			
2.2	Линейная и кусочно-линейная интерполяция	5				1	4		1/100%	
2.3	Многочлены Чебышева. Конечные и разделённые разности	5					3			
2.4	Интерполяционный многочлен Ньютона. Численное дифференцирование	5				1	3		1/100%	
2.5	Сплайны	5		1			4			
2.7	Полиномиальная аппроксимация	5					3			
2.8	Одномерное численное интегрирование (первообразные и квадратуры)	5		1		1	4		1/50%	
3.1	Понятие о матрицах и основных операциях над ними. Задача решения системы линейных алгебраических уравнений	5		1			3			
3.2	Нормы двумерных массивов. Гауссово LU-разложение	5				1	3		1/100%	

3.3	Разложение Холецкого. Обусловленность матриц	5		1			4			
3.4	Метод простой итерации	5		1			4			
3.5	Методы Якоби, Зейделя и верхней релаксации	5		1	1		4		1/50%	
3.6	Вариационные итерационные методы	5		1			4			
Всего				8		6	58		6/43%	Зачёт

### Тематика лабораторных занятий

1) Исследование влияния погрешностей округления на результаты вычислений на примере анализа статического режима линейной разветвлённой электрической цепи (1 час).

2) Исследование погрешностей методов кусочной интерполяции таблично заданной функции, для которой имеется аналитическое выражение (1 час).

3) Исследование погрешностей методов численного дифференцирования на основе кусочной интерполяции таблично заданной функции, для которой имеется аналитическое выражение (1 час).

4) Исследование погрешностей методов численного интегрирования (вычисления первообразной) на основе кусочной интерполяции таблично заданной функции, для которой имеется аналитическое выражение (1 час).

5) Исследование точности решения СЛАУ методом Гауссова LU-разложения в зависимости от числа обусловленности матрицы коэффициентов. Исследование точности решения симметричных положительно определённых СЛАУ методом разложения Холецкого (1 час).

6) Исследование сходимости итерационных методов решения СЛАУ, формируемых в задачах анализа установившихся режимов работы линейных электрических цепей (1 час).

### Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов предусматривает самостоятельную подготовку по сбору, систематизации и обработке материала из предложенного списка литературы (и дополнительной литературы), лекционного материала к лабораторным занятиям, зачёту. Сюда включается также самостоятельное выполнение контрольной работы. Учебным планом предусмотрена одна контрольная работа «Оценка производной таблично заданной функции методом разделённых разностей и её первообразной методом трапеций».

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, комплект которых содержится в электронном приложении к рабочей программе. Интерактивные формы – компьютерные симуляции, а также разбор ситуаций, связанных с изменением исходных данных решаемых задач. Контроль текущей успеваемости и самостоятельной работы студентов производится в форме опросов. Перечни контрольных вопросов представлены ниже.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи со специалистами, работающими в области электроэнергетики и электротехники.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### 6.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля

Контрольные вопросы по СРС.

1. Пусть имеется метрическое пространство одномерных массивов, состоящих из пяти элементов (действительных или комплексных). Пусть массивы  $a$  и  $b$  принадлежат этому пространству. Докажите, что величина  $\max(\text{abs}(b-a))$  может выполнять роль расстояния между массивами  $a, b$ .
2. Пусть имеется метрическое пространство одномерных массивов, состоящих из пяти элементов (действительных или комплексных). Пусть массивы  $a$  и  $b$  принадлежат этому пространству. Докажите, что величина  $\text{sum}(\text{abs}(b-a))$  может выполнять роль расстояния между массивами  $a, b$ .
3. Пусть имеется метрическое пространство одномерных массивов, состоящих из пяти элементов (действительных или комплексных). Пусть массивы  $a$  и  $b$  принадлежат этому пространству. Докажите, что величина  $\text{sum}((b-a).^2)$  может выполнять роль расстояния между массивами  $a, b$  только в случае действительных  $a, b$ .
4. Пусть имеется метрическое пространство одномерных массивов, состоящих из пяти элементов (действительных или комплексных). Пусть массивы  $a$  и  $b$  принадлежат этому пространству. Докажите, что величина  $\text{dot}((b-a), \text{conj}(b-a))$  может выполнять роль расстояния между массивами  $a, b$ .

5. Пусть имеется линейное нормированное пространство не имеющих точек разрыва второго рода функций  $f(x)$ , заданных на отрезке  $[a,b]$ . Докажите, что максимальное значение модуля функции на данном отрезке может служить нормой в этом пространстве.
6. Пусть имеется линейное нормированное пространство не имеющих точек разрыва второго рода функций  $f(x)$ , заданных на отрезке  $[a,b]$ . Докажите, что интеграл модуля функции на данном отрезке может служить нормой в этом пространстве.
7. Пусть имеется линейное нормированное пространство не имеющих точек разрыва второго рода функций  $f(x)$ , заданных на отрезке  $[a,b]$ . Докажите, что среднее значение модуля функции на данном отрезке может служить нормой в этом пространстве. Как можно вычислить эту величину, если функция  $f(x)$  задана таблично?
8. Пусть имеется линейное нормированное пространство не имеющих точек разрыва второго рода функций  $f(x)$ , заданных на отрезке  $[a,b]$ . Докажите, что среднеквадратичное значение модуля функции на данном отрезке может служить нормой в этом пространстве даже если  $f(x)$  – комплекснозначная функция. Как можно вычислить эту величину, если функция  $f(x)$  задана таблично?
9. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, десятичный логарифм каждого элемента которого находится в диапазоне от -10 до +10. Средствами MATLAB округлите каждый элемент этого массива до шести значащих десятичных цифр, не прибегая к символической математике.
10. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, значение каждого элемента которого находится в диапазоне от -100 до +100. Средствами MATLAB округлите каждый элемент этого массива до сотых долей, не прибегая к символической математике.
11. Постройте аппроксимирующий полином Тейлора восьмого порядка для функции  $\sin(x)/x$  в окрестности точки  $x=0$ . Постройте график этой функции и аппроксимирующего полинома (для вычисления последнего примените схему Горнера). Дайте оценку точности такой аппроксимации.
12. Постройте аппроксимирующий полином Тейлора восьмого порядка для функции интегральный синус в окрестности точки  $x=0$ . Постройте график этой функции и аппроксимирующего полинома (для вычисления последнего примените схему Горнера). Дайте оценку точности такой аппроксимации.
13. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, значение каждого элемента которого находится в диапазоне от -1 до +1. Пусть это будет массив значений таблично заданной функции. Пусть массив значений аргу-

- мента равен  $\text{linspace}(-1,1,8)$ . Средствами MATLAB постройте полином Лагранжа для этой функции. С помощью графика покажите, что полином построен правильно.
14. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, значение каждого элемента которого находится в диапазоне от -1 до +1. Пусть это будет массив значений таблично заданной функции. Пусть массив значений аргумента равен  $\text{linspace}(-1,1,8)$ . Средствами MATLAB постройте полином Ньютона для этой функции. С помощью графика покажите, что полином построен правильно.
15. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, значение каждого элемента которого находится в диапазоне от -1 до +1. Пусть это будет массив значений таблично заданной функции. Пусть массив значений аргумента равен  $\text{linspace}(-1,1,8)$ . Средствами MATLAB постройте кусочно-линейное интерполирующее выражение. С помощью графика покажите, что полученная кусочно-линейная функция проходит через все заданные точки.
16. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте состоящий из восьми элементов массив- строку, значение каждого элемента которого находится в диапазоне от -1 до +1. Пусть это будет массив значений таблично заданной функции. Пусть массив значений аргумента равен  $\text{linspace}(-1,1,8)$ . Средствами MATLAB постройте кусочно-квадратичное интерполирующее выражение с непрерывной первой производной. С помощью графика покажите, что полученная кусочная функция проходит через все заданные точки.
17. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Выполните LU-разложение этой матрицы. Оцените точность разложения.
18. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Выполните разложение Холецкого этой матрицы. Оцените точность разложения. Объясните, почему матричные множители получились комплексными.
19. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода простой итерации.
20. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математиче-



- ским ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода Якоби.
21. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода Зейделя.
22. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Скорректируйте матрицу таким образом, чтобы она стала положительно определённой. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода Зейделя.
23. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Скорректируйте матрицу таким образом, чтобы она стала положительно определённой. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода наискорейшего спуска.
24. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Скорректируйте матрицу таким образом, чтобы она стала положительно определённой. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода минимальных невязок.
25. Средствами MATLAB случайным образом сформируйте симметричную матрицу размера (10,10), значения элементов которой распределены по нормальному закону с математическим ожиданием 0 и среднеквадратичным отклонением 1. Скорректируйте матрицу таким образом, чтобы она стала положительно определённой. Таким же образом сформируйте правую часть СЛАУ. Исследуйте сходимость метода сопряжённых градиентов.

## 6.2. Вопросы к зачёту

1. Понятие о численных и вычислительных методах.
2. Источники погрешностей при вычислениях.
3. Бесконечно малые и бесконечно большие величины. Их порядок.
4. Классы непрерывно-дифференцируемых функций на отрезках и замкнутых областях.
5. Метрическое пространство.
6. Линейное пространство. Линейно зависимые и линейно независимые системы элементов.
7. Линейное нормированное пространство.

8. Множественность способов введения нормы в линейном пространстве.
9. Понятие о сходимости последовательности элементов.
10. Погрешности и предельные погрешности неточно заданных чисел.
11. Предельные погрешности выполнения арифметических операций с неточно заданными числами.
12. Предельные погрешности вычисления функций, обусловленные неточным заданием значений их аргументов.
13. Цифровое представление приближённых чисел с фиксированной и с плавающей точкой. Верные цифры. Значащие цифры.
14. Правила ручной записи приближённых чисел с фиксированной и с плавающей точкой.
15. Правила округления с фиксированной и с плавающей точкой.
16. Примеры резкого накопления погрешности округления при вычитании с плавающей точкой.
17. Вычисление значения полинома по схеме Горнера.
18. Построение аппроксимирующего многочлена Тейлора.
19. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
20. Линейная одномерная интерполяция.
21. Построение кусочно-линейного интерполирующего выражения, для вычисления которого не требуются логические операции.
22. Многочлены Чебышева и их свойства.
23. Узлы, минимизирующие оценку погрешности полиномиальной интерполяции.
24. Конечные разности одномерного массива.
25. Разделённые разности таблично заданной функции.
26. Интерполяционный многочлен Ньютона.
27. Численное дифференцирование методом разделённых разностей и методом полиномиальной интерполяции.
28. Машинный эpsilon цифрового кода с плавающей точкой.
29. Понятие о сплайнах.
30. Построение кусочно-квадратичного интерполирующего выражения с непрерывной первой производной, для вычисления которого не требуются логические операции.
31. Построение аппроксимирующего полинома заданного порядка для таблично заданной функции.
32. Квадратурная формула трапеций для таблично заданной подынтегральной функции на неравномерной сетке.

33. Квадратурная формула Симпсона для таблично заданной подынтегральной функции на неравномерной сетке.
34. Методы численного интегрирования (квадратура), основанные на интерполяции или аппроксимации.
35. Понятие о матрицах и об основных операциях над ними.
36. Краткая характеристика задачи решения систем линейных алгебраических уравнений.
37. Нормы одномерных и двумерных массивов.
38. Прямой метод решения СЛАУ на основе Гауссова LU- разложения.
39. Прямой метод решения СЛАУ на основе разложения Холецкого.
40. Обусловленность СЛАУ.
41. Метод простой итерации для решения СЛАУ.
42. Метод Якоби.
43. Метод Зейделя.
44. Методы релаксации.
45. Метод наискорейшего спуска для решения СЛАУ.
46. Метод минимальных невязок для решения СЛАУ.
47. Метод сопряжённых градиентов.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] / Бахвалов Н.С. – М.: БИНОМ, 2013. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996322664.html>. – Электронное издание на основе: Бахвалов Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. – 3-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 240 с.: ил. – ISBN 978-5-9963-2266-4.

2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы [Электронный ресурс] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 7-е изд. – М.: БИНОМ, 2012. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996308026.html>. – Электронное издание на основе: Численные методы [Электронный ресурс] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – 7-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 636 с. – ISBN 978-5-9963-0802-6.

3. Численные методы и программирование: Учебное пособие / В.Д. Колдаев; Под ред. Л.Г. Гагариной. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. – 336 с.: ил.; 60x90 1/16. – (Профес-

б) дополнительная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Демидович, Борис Павлович. Основы вычислительной математики: учебное пособие/ Б. П. Демидович, И. А. Марон. – Изд. 8-е, стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 664 с. : ил.. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – (Классическая учебная литература по математике). – (Лучшие классические учебники). – (Знание, уверенность, успех!). – Библиогр. в конце гл. – Предм. указ.: с. 659-664. – ISBN 978-5-8114-0695-1.

2. Демидович, Борис Павлович. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения: учебное пособие для вузов по направлениям 510000 – "Естественные науки и математика", 550000 – "Технические науки", 540000 – "Педагогические науки"/ Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова; под ред. Б. П. Демидовича. – Изд. 5-е, стер.. – Санкт-Петербург: Лань, 2010. – 400 с. : ил., табл.. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – (Лучшие классические учебники). – (Знание, уверенность, успех!). – (Классическая учебная литература по математике). Библиогр. в конце гл. – ISBN 978-5-8114-0799-6.

3. Шевцов, Георгий Семенович. Численные методы линейной алгебры: учебное пособие для математических направлений и специальностей/ Г. С. Шевцов, О. Г. Крюкова, Б. И. Мызникова. – Изд. 2-е, испр. и доп.. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 495 с. : ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература) – Библиогр.: с. 489-490. – Предм. указ.: с. 491-495. – ISBN 978-5-8114-1246-4.

4. Кокотушкин Г.А., Федотов А.А., Храпов П.В. Численные методы алгебры и приближения функций: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Численные методы" [Электронный ресурс] / Г.А. Кокотушкин, А.А. Федотов, П.В. Храпов. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0006.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0006.html). – Электронное издание на основе: Численные методы алгебры и приближения функций: метод. указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Численные методы" / Г.А. Кокотушкин, А.А. Федотов, П.В. Храпов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 58, [2] с.: ил.

в) периодические издания (фонд библиотеки ВлГУ):

1. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий».
2. Журнал «Вестник РАН».
3. Журнал «Вычислительные технологии».

4. Журнал «Квант».

5. Журнал «Успехи математических наук».

г) Internet-ресурсы:

1. <http://www.apmath.spbu.ru/ru/structure/depts/is/vm-sergeev-2013.pdf>

2.

[https://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%A7%D1%82%D0%BE\\_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5\\_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0](https://ru.wikibooks.org/wiki/%D0%A7%D1%82%D0%BE_%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0)

3. [http://www.math.kemsu.ru/files/books/comp\\_math.pdf](http://www.math.kemsu.ru/files/books/comp_math.pdf)

4.

[http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOCHEG/study/Tab/%D0%9B%D0%B0%D0%B1\\_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BC\\_2014.pdf](http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOCHEG/study/Tab/%D0%9B%D0%B0%D0%B1_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BC_2014.pdf)

5. [https://mipt.ru/education/chair/computational\\_mathematics/study/materials/compmath/](https://mipt.ru/education/chair/computational_mathematics/study/materials/compmath/)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 520-3, 522-3, 517-3), с использованием иллюстративного электронного материала в стандартных графических форматах и в Microsoft Office.

Для выполнения контрольной работы, а также подготовки к лабораторным занятиям студенты могут воспользоваться компьютерным классом кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с применением офисного и математического ПО. Основным математическим ПО является система инженерных и научных расчётов MATLAB. Кроме ядра этой системы на компьютерах лаб. 519-3 установлен также пакет расширения, применяемый для выполнения аналитических операций с символическими математическими объектами: Symbolic Math Toolbox.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочую программу составил: Шмелёв В.Е., к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электроэнергетика» (ЭтЭн).

*В.Е. Шмелёв*

Рецензент: Начальник проектного отдела ООО "МФ-Электро"

Чебрякова Ю.С. \_\_\_\_\_



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол №2 от 02.10.2015.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 2 октября 2015 года.

Протокол №2 от 02.10.2015.

Председатель комиссии \_\_\_\_\_

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 07.09.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Н.П. Бадалян

Рабочая программа одобрена на 2018/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



Н.П. Бадалян

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Н.П. Бадалян