

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ

Директор ПИ



Артамонов Д.В.

2014 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФТД.1 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Направление подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) подготовки: «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети»

Квалификация выпускника: исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

Пенза, 2014

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Программу составил:

к.т.н., доцент

 Убиенных Г.Ф.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Информационно-вычислительные системы»
Протокол № 1 от «9» сентября 2014 года

Зав. кафедрой  Косников Ю.Н.
(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с деканом факультета Вычислительной Техники
Декан факультета  Фионова Л.Р.
«19» 09 2014 года (подпись, Ф.И.О.)

Программа одобрена методической комиссией факультета Вычислительной Техники
Протокол № 1 от «13» 09 2014 года
Председатель методической комиссии  Кошов Н.Н.
(подпись, Ф.И.О.)

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются: ознакомление аспирантов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника» с вычислительными аспектами математических методов и моделей; выработка навыков численного решения задач математического моделирования.

2 Место дисциплины в структуре подготовки аспиранта

Учебная дисциплина «Современные методы математического моделирования» относится к факультативным дисциплинам образовательной программы.

Содержание дисциплины базируется на знаниях, приобретенных аспирантам при обучении по образовательным программам специалитета или магистратуры в рамках курсов системного анализа, методов оптимизации и оптимального управления, численных методов, дифференциальных уравнений, языков программирования высокого уровня, а также на материале курса «Вычислительная техника и информационные технологии в профессиональной научной деятельности» настоящей ОПОП.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Современные методы математического моделирования»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
ОПК-3	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знать: методы математического моделирования; численные методы решения прикладных задач.
		Уметь: строить математические модели реальных задач; реализовывать численные методы на универсальных языках программирования и с использованием математических программных систем, применять методы математического моделирования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
		Владеть: навыками решения задач вычислительного характера численными методами.
ПК-4	Способность создавать методы, аппаратно-программные средства и технологии обработки информации, соответствующие современным направлениям развития информатики и вычислительной техники	Знать: методы и технологии обработки информации с применением математического моделирования, соответствующие современным направлениям развития информатики и вычислительной техники
		Уметь: применять полученные теоретические знания для разработки и модификации средств математического моделирования
		Владеть: навыками применения программных средств математического моделирования для решения прикладных задач информатики и вычислительной техники

	номы Лагранжа и Ньютона																		
10	Тема 4.2. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов	5																	
11	Раздел 5. Численное интегрирование и дифференцирование	5	11-14	4		4	10	8			2								14
12	Тема 5.1. Численное дифференцирование	5																	
13	Тема 5.2. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона	5																	
14	Раздел 6. Численное решение дифференциальных уравнений	5	15-18	4		4	12	8			4								18
15	Тема 6.1. Одношаговые методы решения задачи Коши	5																	
16	Тема 6.2. Многошаговые методы	5																	
	Общая трудоемкость, в часах			18		18	54	36			18	<i>Промежуточная аттестация</i>							
												<i>Форма</i>				<i>Семестр</i>			
												<i>Зачет</i>				5			

4.2. Содержание дисциплины

4.2.1. Содержание лекций

Введение

Цель и задачи курса, его структура. Обзор рекомендуемой литературы.

1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ФОРМЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Компьютерное моделирование как новый метод научных исследований. Классификация математических моделей, особенности их построения. Компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент.

Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры. Погрешности округления. Погрешности арифметических операций над приближенными числами, погрешности вычисления функций.

Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.

Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам, сложность алгоритма (по памяти, по времени).

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПАКЕТЫ ПРОГРАММ

Коммерческие математические пакеты MATLAB, Maple, Mathematica, MathCad: основные характеристики и особенности. Свободно распространяемые пакеты: SciLab, GNU Octave, Maxima. Основные возможности и области применения.

3. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АЛГЕБРЫ

Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса (схема единственного деления, выбор главного элемента по столбцу и по всей матрице, матрицы перестановок, метод Жордана-Гаусса); метод прогонки; метод LU-разложения; метод Холецкого; метод QR-разложения.

Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов, формирование и решение нормальной системы уравнений, использование QR-разложения для решения переопределенных систем, понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.

Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби, методы Зейделя и последовательной верхней релаксации. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска, метод минимальных невязок; неявные итерационные методы, предобуславливатели; метод сопряженных градиентов. Понятие о методах Крылова подпространства.

4. ИНТЕРПОЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ

Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.

Интерполяционная формула Лагранжа.

Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.

Равномерное приближение функций.

Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.

5. ЧИСЛЕННОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ

Численное дифференцирование.

Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона

6. ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка погрешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.

Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.

Заключение

Основные тенденции развития вычислительных технологий математического моделирования.

4.2.2. Содержание лабораторных занятий

№ лаб. работ	Наименование лабораторных работ	Кол. час.
1	Математическая система MATLAB	2
2	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений	4
3	Численное решение нелинейных уравнений с одним неизвестным	4
4	Численное интегрирование	4
5	Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений	4

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины применяются следующие образовательные технологии:

- чтение лекций проводится с использованием мультимедийного компьютерного проектора с раздачей демонстрируемых слайдов;
- лекции с проблемной постановкой темы;
- мастер-класс по работе в среде MATLAB;
- при выполнении лабораторного практикума и во время самостоятельной работы используются обучающие программы и Интернет-ресурсы.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1. Самостоятельная работа аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечных фондов и доступом к сети Интернет.

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы аспирантов

Используются следующие виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном за-

ле библиотеки, на рабочих местах с доступом к ресурсам Internet и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе лабораторных занятий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний аспирантов

Контроль освоения компетенций осуществляется в процессе защиты лабораторных работ и сдачи зачета

В процессе защиты лабораторных работ оценивается умение использовать систему MATLAB для решения вычислительных задач и навыки решения таких задач численными методами. Критериями оценки является доказательство того, что полученные результаты являются решением задачи.

Во время сдачи зачета оценивается знание основных численных методов решения задач линейной алгебры и дифференциальных уравнений, умения и навыки проведения вычислительного эксперимента по решению задач вычислительного характера численными методами в среде MATLAB.

Вопросы к зачету по дисциплине

1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент.
2. Погрешности вычислений: источники погрешностей вычислений, приближенные числа, абсолютная и относительная погрешности, верные значащие цифры.
3. Свойства вычислительных задач и алгоритмов: корректность вычислительной задачи, обусловленность вычислительной задачи, корректность вычислительных алгоритмов, устойчивость вычислительных алгоритмов, чувствительность к погрешностям округлений.
4. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Гаусса.
5. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Жордана-Гаусса.
6. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод LU-разложения.
7. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод прогонки.
8. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод Холецкого.
9. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений: метод QR-разложения.
10. Вычисление определителей треугольной декомпозицией матрицы.
11. Обращение матриц путем решения вспомогательных систем линейных уравнений.
12. Решение систем с прямоугольными матрицами: переопределенные системы, задача наименьших квадратов.
13. Формирование и решение нормальной системы уравнений.
14. Использование QR-разложения для решения переопределенных систем.
15. Понятие сингулярного (SVD) разложения матриц, применение сингулярного разложения для решения систем с прямоугольными матрицами неполного ранга.
16. Дискретизация задач и особенности решения систем линейных алгебраических

- уравнений. Основные теоретические положения итерационных алгоритмов.
17. Классические итерационные методы: методы Рундсона и Якоби.
 18. Классические итерационные методы: методы Зейделя и последовательной верхней релаксации.
 19. Итерационные методы вариационного типа: метод скорейшего спуска.
 20. Итерационные методы вариационного типа: метод минимальных невязок.
 21. Неявные итерационные методы, предобуславливатели.
 22. Метод сопряженных градиентов. Понятие о методах Крыловского подпространства.
 23. Решение частичной проблемы собственных значений: степенной метод, градиентный метод.
 24. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы половинного деления, ложного положения.
 25. Решение нелинейных уравнений с одним неизвестным: методы Ньютона, секущих, простой итерации.
 26. Решение систем нелинейных уравнений. Методы простой итерации и Ньютона.
 27. Построение интерполяционного полинома методом неопределенных коэффициентов.
 28. Интерполяционная формула Лагранжа.
 29. Интерполяционные многочлены Ньютона с конечными и разделенными разностями.
 30. Равномерное приближение функций.
 31. Интерполяция сплайнами: интерполяционные сплайны, базисные сплайны.
 32. Дискретное преобразование Фурье, Уолша, быстрое дискретное преобразование Фурье и тригонометрическая интерполяция.
 33. Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов.
 34. Численное дифференцирование.
 35. Численное интегрирование: методы прямоугольников, трапеций, Симпсона.
 36. Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты.
 37. Решение систем дифференциальных уравнений и уравнений высшего порядка. Оценка погрешности одношаговых методов. Адаптивный выбор шага.
 38. Вложенные формулы Рунге-Кутты. Методы Фельберга и Дормана-Принса.
 39. Многошаговые методы: методы Адамса-Башфорта и Адамса-Моултона, методы прогноза и коррекции.
 40. Численное интегрирование жестких систем ОДУ. Алгоритм Гира.

Задания к зачету

1. Решить методом Гаусса СЛАУ с матрицей

$$A = \begin{bmatrix} 4.00 & 0.24 & -0.08 & 0.16 \\ 0.09 & 3.00 & -0.15 & -0.12 \\ 0.04 & -0.08 & 4.00 & 0.06 \\ 0.02 & 0.02 & 0.04 & -10.00 \end{bmatrix}$$

и вектором правой части $\mathbf{b} = [8 \ 9 \ 20 \ 1]^T$.

2. Решить СЛАУ $A\mathbf{x} = \mathbf{b}$ методом LU-разложения, если

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3.81 & 0.28 & 1.28 & 0.75 \\ 2.25 & 1.32 & 4.58 & 0.49 \\ 5.31 & 6.38 & 0.98 & 1.04 \\ 9.39 & 2.45 & 3.35 & 2.28 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

3. Решить методом Гаусса-Жордана СЛАУ с матрицей

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.7 & 0.2 & 0.2 \\ 0.6 & 5.0 & 0.5 & 0.5 \\ 1.3 & 0.3 & 3.5 & 0.4 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 4.0 \end{bmatrix}$$

и вектором правой части $\mathbf{b} = [4 \ 5 \ -5 \ 5]^T$.

4. Решить СЛАУ $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ методом Якоби, если

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 5.9 & 1.2 & 2.1 & 0.9 \\ 1.2 & 7.2 & 1.5 & 2.5 \\ 2.1 & 1.5 & 9.8 & 1.3 \\ 0.9 & 2.5 & 1.3 & 6.1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 2.0 \\ 5.3 \\ 10.3 \\ 12.6 \end{bmatrix}$$

5. Решить СЛАУ с матрицей методом последовательной верхней релаксации

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 400 & -16 & 0 & -16 & 0 & 0 \\ -16 & 97 & -36 & 0 & -36 & 0 \\ 0 & -36 & 180 & 0 & 0 & -64 \\ -16 & 0 & 0 & 97 & -36 & 0 \\ 0 & -36 & 0 & -36 & 234 & -81 \\ 0 & 0 & -64 & 0 & -81 & 433 \end{bmatrix}$$

и вектором правой части $\mathbf{b} = [8 \ 9 \ 16 \ 45 \ 81 \ 288]^T$

6. Решить СЛАУ с матрицей методом Ричардсона

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3.0 & 0.7 & 0.2 & 0.2 \\ 0.6 & 5.0 & 0.5 & 0.5 \\ 1.3 & 0.3 & 3.5 & 0.4 \\ 0.3 & 0.3 & 0.4 & 4.0 \end{bmatrix}$$

и вектором правой части $\mathbf{b} = [4 \ 5 \ -5 \ 5]$

7. Найти матрицу, обратную заданной

$$A = \begin{bmatrix} 8.301 & 2.625 & 4.100 & 1.903 \\ 3.926 & 8.458 & 7.787 & 2.460 \\ 3.773 & 7.211 & 8.041 & 2.280 \\ 2.211 & 3.657 & 1.697 & 6.993 \end{bmatrix}$$

8. Решить уравнение $e^x + x + 1 = 0$ на отрезке $[0, 3]$ с точностью ε методом дихотомии.

9. Решить уравнение $\sin(x + \pi/3) - 0,5x = 0$ на отрезке $[-2, 2]$ с точностью ε методом хорд.

10. Решить уравнение $x^3 - 2x^2 - 4x + 7 = 0$ на отрезке $[-3, 3]$ с точностью ε методом Ньютона.

11. Решить уравнение $x \ln(x+1) - 1 = 0$ на отрезке $[-2, 2]$ с точностью ε методом итерации.

12. Вычислить интеграл $\int_0^3 \sqrt{4+x^4} dx$ методом средних прямоугольников с заданной точностью ε (вводится с клавиатуры). Величина шага разбиения должна определяться в программе по формуле Рунге.

13. Вычислить интеграл $\int_0^1 \frac{x+1}{\sqrt{x^2+4}} \cos(\pi x) dx$ методами прямоугольников, трапеций и Симпсона, разбив отрезок интегрирования на $n = 20$ частей. Оценить погрешность вычисления каждым методом по формуле Рунге.

14. Вычислить интеграл $\int_0^1 x^3 e^{-x^2} dx$ методами прямоугольников, трапеций и Симпсона с шагом разбиения $h = 0.05$. Оценить погрешность вычисления каждым методом по формуле Рунге.

15. Решить методом Эйлера на отрезке $[0, 0.6]$ дифференциальное уравнение

$$y' = x^2 + y^2 \quad \text{при } y(0) = 0 \quad \text{с шагом } h = 0.05.$$

Используя формулу Рунге, оценить погрешность решения.

16. Методом Рунге – Кутты четвертого порядка на отрезке $[0, 0.5]$ с шагом $h = 0.05$ решить дифференциальное уравнение

$$y'' + 2y' + 2y = 2e^{-x} \cos x$$

при $y(0) = 1$, $y'(0) = 0$. Полученный результат сравнить с аналитическим решением $y = e^{-x}(\cos x + \sin x + x \sin x)$.

17. Решить методом Адамса четвертого порядка дифференциальное уравнение

$$y' = 1 + 0.2y \sin x - y^2 \quad \text{при } y(0) = 0$$

на отрезке $[0, 1]$ с шагом $h = 0.1$:

Используя формулу Рунге, оценить погрешность решения.

18. Методом Эйлера – Коши с итерациями на отрезке $[0, 1]$ решить с заданной точностью (вводится с клавиатуры) дифференциальное уравнение

$$y' = t^3 \cdot \cos \frac{y}{\sqrt{5}} \quad \text{при } y(0) = 3.$$

19. Методом прогноза и коррекции на основе метода Адамса четвертого порядка решить на отрезке $[0, 1]$ уравнение

$$y' = x + \sqrt{y} \quad \text{при } y(0) = 0,5 \quad \text{с шагом } h = 0.05.$$

20. Методом Адамса – Моултона третьего порядка на отрезке $[0, 1]$ с шагом $h = 0.05$ решить дифференциальное уравнение

$$y' = t^2 y e^{-2t}$$

при начальном условии $y(0) = 1$.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Амосов, А. А. Вычислительные методы / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченкова. – 4-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 672 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/42190/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

2. Поршнева, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB: Учебное пособие / С.В. Поршнева. – 2-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 736 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/reader/book/650/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

3. Киреев, В.И. Численные методы в примерах и задачах: Учебное пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. – 4-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 448 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/65043/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

б) дополнительная литература

4. Горбаченко, В.И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB: учеб. пособие. – СПб.: БХВ – Петербург, 2011. – 320 с.

5. Горбаченко, В.И. Численные методы решения задач линейной алгебры: лабораторный практикум в системе MATLAB: учеб. пособие / В.И. Горбаченко, Г.Ф. Убиенных. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 98 с.

6. Дьяконов, В.П. MATLAB R2007/2008/2009 для радиоинженеров / В.П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 976 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/72986/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

7. Срочко В.А. Численные методы. Курс лекций: Учебное пособие / В.А. Срочко. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 208 с. (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/reader/book/378/>. – Электрон. версия печ. публикации. – ЭБС Лань: требуется авторизация пользователя.

в) программное обеспечение и Интернет – ресурсы

1) Программные продукты: математические пакеты MATLAB, Maple, Mathematica, MathCad, SciLab, GNU Octave, Maxima.

2) Интернет-ресурсы

- Консультационный Центр MATLAB, <http://www.matlab.ru/>
- Образовательный математический сайт, <http://www.exponenta.ru/>
- Образовательный сайт «Интернет – Университет Информационных Технологий», <http://www.intuit.ru/>
- Электронные ресурсы издательства Springer. URL: <http://link.springer.com/search?facet-content-type=%22Book%22&showAll=false>.
- Электронные ресурсы издательства Elsevier.
URL: <http://www.info.sciverse.com/sciencedirect/books/subjects/mathematics>
- Общероссийский математический портал. URL: Math-Net.Ru.
- Видеотека лекций по математике. URL:
http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?eventID=15&option_lang=rus#PRELIST15.
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: <http://school-collection.edu.ru/catalog/rubr/75f2ec40-e574-10d2-24eb-dc9b3d288563/25892/?interface=themcol>.
- Видеолекции ведущих ученых мира. URL: <http://www.academicearth.org/subjects/algebra>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной компьютерным проектором, проекционным экраном, шторами, сетью электропитания 220 В.

Лабораторные занятия проводятся в классе, оснащенный персональными компьютерами с операционной системой Windows XP/Windows Vista/Windows 7/8/10.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
2015/ 2016	Прот. № 12 от 05.06.15 <i>[Подпись]</i>	Переутверждено без изменений			
2016/ 2017	Прот. № 11 от 22.06.2016 <i>[Подпись]</i>	Внесены изменения по программе из ЭБС	9		
2017/ 2018	Прот. № 14 от 27.06.2017 <i>[Подпись]</i>	Переутверждено без изменений			