

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

«Утверждаю»

Декан факультета ВМК МГУ
имени М.В. Ломоносова

академик



Е.И. Моисеев

« »

2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Численные методы и их приложения»

Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре

Направление подготовки – 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль) – «Математическое моделирование,
численные методы и комплексы программ» (05.13.18)

2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Численные методы и их приложения.

2. УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ, НАПРАВЛЕННОСТЬ (ПРОФИЛЬ) ПОДГОТОВКИ

Направление – 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» Направленность (профиль) «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (05.13.18).

4. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина является частью вариативной части учебного плана.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения
Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	У2 (УК-1) УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений В2(УК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
Владением методологией теоретических и экспериментальных исследова-	З1 (ОПК-1) ЗНАТЬ:

<p>ний в области профессиональной деятельности</p> <p>(ОПК-1)</p>	<p>современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий</p> <p>У1 (ОПК-1) УМЕТЬ: применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики</p> <p>В1 (ОПК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>
<p>Владение современными методами построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач, а также методами разработки и реализации алгоритмов их решения на основе фундаментальных знаний в области математики и информатики</p> <p>(ПК-1)</p>	<p>З1 (ПК-1) ЗНАТЬ: Современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p> <p>У1 (ПК-1) УМЕТЬ: Применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p> <p>В1 (ПК-1) ВЛАДЕТЬ: навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>
<p>Способность к реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, ориентированных на современную вычислительную технику</p> <p>(ПК-4)</p>	<p>З1 (ПК-4) ЗНАТЬ: современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов</p> <p>У1(ПК-4) УМЕТЬ: применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов</p> <p>В1 (ПК-4) ВЛАДЕТЬ:</p>

	навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов
--	---

Оценочные средства для промежуточной аттестации приведены в Приложении.

6. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов.

40 часов составляет контактная работа с преподавателем – 24 часа занятий лекционного типа, 0 часов занятий семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 0 часов индивидуальных консультаций, 12 часов мероприятий текущего контроля успеваемости, 2 часа групповых консультаций, 2 часа мероприятий промежуточной аттестации.

68 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. ВХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учащиеся должны владеть знаниями по линейной алгебре, математическому анализу и обыкновенным дифференциальным уравнениям, соответствующим основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика» или 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки».

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мы анализируем численные методы решения ряда прикладных задач. По каждой из перечисленных тем разбираем теорию, метод и программу в MATLAB'e. Отчетность по курсу – выполнить аналогичное задание и сделать презентацию.

9. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе рассматриваются примеры численного решения линейных и нелинейных систем уравнений, минимизации функций и численного аналитического продолжения. Цель курса – показать формализацию задачи и реализацию метода.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		из них					из них			
Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего		
Тема 1. Системы линейных уравнений. <i>Сингулярное разложение.</i> Интерполяция данных и сжатие изображений. <i>Численная линейная алгебра и цепи Маркова.</i> Алгоритм ранжирования страниц в интернете. <i>Линейные системы большой размерности.</i> Метод Крылова для интегро-дифференциальных	24	8	-	-	-	4	12	12	-	12

уравнений. <i>Метод функций Грина.</i> Стационарное уравнение Шредингера с периодическим потенциалом. Задача на собственные значения.										
Тема 2. Системы нелинейных уравнений и оптимизация. <i>Нелинейные системы.</i> Методы Ньютона-Крылова для эллиптической краевой задачи. Динамические модели общего экономического равновесия. <i>Минимизация функций.</i> Вычисление параметров задачи по имеющимся данным. Нелинейный метод наименьших квадратов. <i>Оптимальное управление.</i> Феномен Фуллера и четтеринг-траектории.	24	8	-	-	-	4	12	12	-	12
	24	8	-	-	-	4	12	12	-	12
Тема 3. Корреляции и функции отклика. <i>Быстрое преобразование Фурье.</i> Решение уравнения Пуассона и фильтра-	34	2					32			

ция изображений. Численное аналитическое продолжение. Функция отклика и свойства материалов. Корреляционная функция и ближний порядок. Флуктуационно-диссипационная теорема в модели Изинга.			
Итого	108	40	68

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

Самостоятельная работа учащихся состоит в изучении лекционного материала, учебно-методической литературы и выполнения заданий.

Литература для самостоятельной работы студентов в соответствии с тематическим планом.

Тема 1. «Системы линейных уравнений» [5,7,8].

Тема 2. «Системы нелинейных уравнений и оптимизация» [1-8].

Тема 3. «Корреляции и функции отклика» [9,10].

11. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература

1. Ф. Гилл, У. Мюррей, М. Райт, Практическая оптимизация. М.: Мир, 1985.
2. Дж. Дэннис, Р. Шнабель, Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений. М.: Мир, 1988.
3. Д. Каханер, К. Моулер, С. Нэш, Численные методы и программное обеспечение. М.: Мир, 2001.

4. A.R. Conn, N.I.M. Gould, P.L. Toint, Trust-region methods, Philadelphia, SIAM, 2000.
5. C.T. Kelley, Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations, Philadelphia, SIAM, 1995.
6. C.T. Kelley, Iterative Methods for Optimization, Philadelphia, SIAM, 1999.
7. C. Moler, Numerical Computing with MATLAB. Electronic edition: The MathWorks, Inc., Natick, MA, 2004. <http://www.mathworks.com/moler>. Print edition: SIAM, Philadelphia, 2004.
8. W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, B.P. Flannery. Numerical Recipes. 2nd edn. Vol. 1. Cambridge Univ. Press, New York. 1992.
9. Д. Форстер, Гидродинамические флуктуации, нарушенная симметрия и корреляционные функции. М.: Атомиздат, 1980.
10. N.B. Melnikov, B.I. Reser, Dynamic spin fluctuation theory of metallic magnetism. Springer, Berlin. 2018.

Дополнительная литература

1. Д. Ортега, В. Рейнболдт, Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. М.: Мир, 1975.
2. Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун, Матричные вычисления. М.: Мир, 1999.

Информационные технологии, используемые в процессе обучения

1. Программное обеспечение для создания и просмотра pdf-документов Adobe Reader.
2. Издательская система LaTeX.
3. Программное обеспечение MATLAB (GNU Octave).

Материально-техническая база

Для преподавания дисциплины требуется класс, оборудованный маркерной или меловой доской; ноутбук, экран и проектор.

12. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Русский

13. РАЗРАБОТЧИК ПРОГРАММЫ, ПРЕПОДАВАТЕЛИ

доцент, д.ф.-м.н. Мельников Николай Борисович

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Решение систем уравнений и оптимизация функций»**

Средства для оценивания планируемых результатов обучения, критерии и показатели оценивания приведены ниже.

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) <i>(критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом используются либо традиционной системой оценивания, либо БРС)</i>					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
	Неудовлетворительно	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично	
УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов У1 (УК-1)	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	доклады на научных семинарах
ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при реше-	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методоло-	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих	доклады на научных семинарах

исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях В1 (УК-1)		нии исследовательских и практических задач	логических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
ЗНАТЬ: современные математические методы, применяющиеся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий Код 31 (ОПК-1)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	В целом сформированные, но неполные знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные систематические знания о современных математических методах, применяющихся для решения задач в области естественных наук, экономики, социологии и информационно-коммуникационных технологий	Устный экзамен
УМЕТЬ: применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики Код У1 (ОПК-1)	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Сформированное умение применять современные методы постановки и анализа задач в области математики и информатики	Устный экзамен
ВЛАДЕТЬ: навыками оптималь-	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками	В целом успешное, но не	Успешное, но содержащее	Сформированное владение навыками	реферат

<p>ного выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики Код В1 (ОПК-1)</p>		<p>оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>	<p>полное владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>	<p>отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>	<p>оптимального выбора современных методов и средств постановки и анализа задач в области математики и информатики</p>	
<p>ЗНАТЬ: Современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях. Код 31 (ПК-1)</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарные представления о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>В целом сформированные, но неполные знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задачи и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Сформированные систематические знания о современных методах построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Устный экзамен</p>
<p>УМЕТЬ: Применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных</p>	<p>Отсутствие умений</p>	<p>Фрагментарные умения применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и осно-</p>	<p>Успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных</p>	<p>Сформированное умение применять современные методы построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.</p>	<p>Контрольные работы</p>

уравнениях. Код У1 (ПК-1)			ванных на дифференциальных уравнениях.	задач и основанных на дифференциальных уравнениях.		
ВЛАДЕТЬ: навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях. Код В1 (ПК-1)	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.	В целом успешное, но не полное владение навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.	Сформированное владение навыками выбора современных методов построения и анализа математических моделей, возникающих при решении естественнонаучных задач и основанных на дифференциальных уравнениях.	Контрольные работы, реферат
ЗНАТЬ: современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенности современных вычислительных комплексов Код З1 (ПК-4)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	В целом сформированные, но неполные знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Сформированные систематические знания о современных методах реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов, особенностях современных вычислительных комплексов	Устный экзамен
УМЕТЬ: применять	Отсутствие умений	Фрагментарные умения применять	В целом успешное, но не	Успешное, но содержащее	Сформированное умение применять	отчет

современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов Код У1 (ПК-4)		современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов	систематическое умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов	отдельные пробелы умение применять современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов	современные методы реализации различных математических алгоритмов в виде программных комплексов с учетом особенностей современных вычислительных комплексов	
ВЛАДЕТЬ: навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов Код В1 (ПК-4)	Отсутствие навыков	Фрагментарное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	В целом успешное, но не полное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	Успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	Сформированное владение навыками оптимального выбора и создания новых современных методов реализации математических алгоритмов в виде программных комплексов, учитывающих особенности современных вычислительных комплексов	отчет

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Самостоятельные задания: задачи из книг [1,5,6,7] и статей Judd K. L. (2002) The parametric path method: An alternative to Fair-Taylor

and L-B-J for solving perfect foresight models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26, 1557–1583; Lau, Pahlke and Rutherford (2002) "Approximating infinite-horizon models in a complementarity format: a primer in dynamic general equilibrium analysis" *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26: 577-609; Мельников Н.Б., Романенко Ю.А. Оптимальная гауссова аппроксимация в модели Изинга, 2012, *Вычислительные методы и программирование*, том 13, с. 452-464 и др.

Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Особенности организации процесса обучения

Для эффективного освоения курса рекомендуется перед каждым занятием привести в порядок конспекты лекций. После каждого занятия рекомендуется найти и прочитать дополнительную литературу по теме лекции и прочитать свои конспекты.

Структура и график контрольных мероприятий

Три самостоятельных домашних проекта.

Система контроля и оценивания

За каждый проект выставляется один балл. В конце семестра эти баллы конвертируются в итоговую оценку по формуле 2 плюс число набранных баллов за проекты.