

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

«УТВЕРЖДАЮ»



Директор ПИ

Д.В. Артамонов

2014г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
А1.В.ОД.4 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

Направление подготовки

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль):

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация (степень) – Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Форма обучения: очная

Пенза – 2014 г.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у аспирантов профессиональных компетенций, соответствующих профилю подготовки и паспорту выбранной научной специальности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП аспиранта

2.1. Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы по направлению 09.06.01 "Информатика и ВТ", реализуется в 7 семестре.

2.2. Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных аспирантами при освоении следующих дисциплин:

- "Вычислительная техника и информационные технологии в профессиональной научной деятельности".
- "Перспективы и проблемы развития IT- технологий и ВТ".
- "Научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы (диссертации)".

3. Компетенции аспиранта, формируемые в результате освоения программы дисциплины.

Изучение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь и владеть)
ПК-3	способность использовать современные программные средства и электронные ресурсы в соответствии со спецификой научно-исследовательской деятельности в области математического моделирования	Знать: основные методы исследования в области профессиональной деятельности
		Уметь: применять методы математического моделирования в области профессиональной деятельности
		Владеть: навыками разработки комплексов программ для проведения исследований моделирования в области профессиональной деятельности
ПК-5	способность разрабатывать параллельные алгоритмы для решения задач вычислительной математики и математического моделирования	Знать: теоретические основы разработки параллельных алгоритмов
		Уметь: разрабатывать параллельные алгоритмы для решения задач вычислительной математики и математического моделирования
		Владеть: навыками создания комплексов программ для многопроцессорных систем

ПК-6	способность применять вычислительные методы и технологии моделирования для решения прикладных задач	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.
		Владеть: навыками решения задач вычислительного характера численными методами.

4. Структура и содержание дисциплины "Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ"

4.1 Структуры дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, лекции 18 часов, практические занятия 18 часов, самостоятельная работа 72 часа, в т.ч. 8 часов подготовки к экзамену. Экзамен по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
				Аудиторная работа			Самостоятельная работа			Семинар
				Всего	Лекции	Практические занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Подготовка к экзамену	
1	Раздел 1. Математические основы	7		8	6	2	12	12		
2	Раздел 2. Информационные технологии	7		4	2	2	4	4		
3	Раздел 3. Компьютерные технологии	7		8	4	4	8	8		+
4	Раздел 4. Методы математического моделирования	7		4	2	2	4	4		
5	Раздел 5.1 Численные методы 5.2 Геометрическое моделирование и численные методы в графических системах / 5.3 Машинное обучение и нейросетевые технологии	7		12	4	8	8	8		+
6	Подготовка к экзамену						36		36	
	Общая трудоемкость в часах			36	18	18	72	36	36	

	Общая трудоемкость, в часах			36	18	18	72	36	36	Промежуточная аттестация	
										Форма	Семестр
										экзамен (в форме кандидатского экзамена)	7

4.2. Содержание дисциплины

4.2.1. Содержание лекционного курса

Курс включает четыре базовых раздела 1–4 и вариативный раздел 5, содержание которого тематикой научного исследования аспиранта.

РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Тема 1.1. Элементы теории функций и функционального анализа

Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства. Пространства интегрируемых функций. Пространства Соболева. Линейные непрерывные функционалы. Теорема Хана-Банаха. Линейные операторы. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.

Тема 1.2. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ

Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимакс. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

Тема 1.3. Теория вероятностей. Математическая статистика

Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы. Элементы корреляционной теории случайных векторов. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Основы теории информации.

РАЗДЕЛ 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тема 2.1. Принятие решений

Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения.

Тема 2.2. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта

Экспертизы и неформальные процедуры. Искусственный интеллект. Распознавание образов.

РАЗДЕЛ 3. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тема 3.1. Численные методы

Интерполяция и аппроксимация функций. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Сплайн-аппроксимация, интерполяция, метод конечных элементов. Преобразования Фурье, Лапласа, Хаара и др. Численные методы вейвлет-анализа.

Тема 3.2. Вычислительный эксперимент

Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

Тема 3.3. Алгоритмические языки

Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных

программ. Параллельное программирование (основные понятия).

Облачные вычисления (основные понятия).

РАЗДЕЛ 4. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ *Тема 4.1.*

Основные принципы математического моделирования

Элементарные математические модели в механике, гидродинамике, электродинамике. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей

Тема 4.2. Методы исследования математических моделей

Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей. ***Тема 4.3.***

Математические модели в научных исследованиях

Математические модели в науке, технике, экономике, биологии.

Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

РАЗДЕЛ 5.1. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

Тема 5.1.1. Функциональный анализ

Общая теория приближённых методов для линейных уравнений. Общая теория приближённых методов для нелинейных уравнений. Проблема собственных значений. Метод Ньютона-Канторовича в банаховых пространствах. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховых пространствах.

Тема 5.1.2. Теория приближения

Наилучшие приближения компактных классов функций полиномами. Теория интерполяции. Основные понятия о сплайнах. Основные понятия о вейвлетах. Поперечники Колмогорова. Теория ϵ -энтропии. Ортогональные полиномы. Ряды по ортогональным полиномам.

Тема 5.1.3. Математическая физика

Интегральные уравнения Фредгольма и Вольтерра. Краевая задача Римана. Сингулярные интегральные уравнения. Граничные интегральные уравнения. Нелинейные уравнения математической физики.

Тема 5.1.4. Численные методы

Проекционные методы решения уравнений математической физики (эллиптические, параболические, гиперболические). Метод сеток решения параболических уравнений.

Вариационные методы решения уравнений математической физики. Основные понятия о методах решения нелинейных уравнений математической физики.

Квадратурные формулы вычисления интегралов. Квадратурные формулы вычисления сингулярных интегралов. некорректные задачи. Методы распараллеливания вычислительных задач.

Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики и математического моделирования.

4.2.2. Перечень и содержание практических занятий

№ п/п	№ раздела	Наименование практических занятий	Кол-во часов
	1	Многомерный статистический анализ	2
	2	Решение задач исследования операций	2
	3	Исследование численных методов	4
	4	Исследование математических моделей.	2
	5	Практические занятия по вариативной части курса	8
		Всего	18

4.3. Особенности организации изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Организация изучения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с

1. ст.79, 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
2. Раздел IV, п.п. 46-51 приказа Минобрнауки России от 19.11.2013 № 1259 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
3. Методические рекомендации по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн).

5. Образовательные технологии

5.1. При чтении лекций используется мультимедийный компьютерный проектор.

5.2. Практические занятия проводятся с использованием математических пакетов программ.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1 План самостоятельной работы аспирантов

№ нед	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Раздел 1	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	12
2	Раздел 2	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	4

3	Раздел 3	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	8
4	Раздел 4	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	4
5	Раздел 5	подготовка к аудиторным занятиям, семинару	изучить материал	по списку основной и дополнительной литературы	8

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Используются следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к выполнению практических работ;
- оформление отчетов по практическим работам;
- изучение рекомендованной литературы.

Основное внимание уделяется самостоятельному изучению литературы. Изучение теоретических основ и практические работы должны быть связаны с тематикой научного исследования аспиранта.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний аспирантов

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Семинар №1	Разделы: 1,2,3	ПК-3,6
2	Семинар №2	Разделы: 4,5	ПК-3,5
3	Зачет, экзамен	Все разделы	ПК-3,5,6

Контроль освоения компетенций выполняется:

- по уровню ЗНАТЬ — оценкой полноты ответов на вопросы семинара и экзамена;
- по уровню ВЛАДЕТЬ — путем оценки владения методами теоретических и экспериментальных исследований;
- по уровню УМЕТЬ — путем оценки умения применять методы исследования к самостоятельной научной деятельности.

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену.

1. Мера, измеримые функции, интеграл Лебега.
2. Метрические пространства.
3. Нормированные пространства. Непрерывные линейные функционалы.
4. Выпуклые множества и выпуклые функционалы. Теорема Хана-Банаха.
5. Линейные операторы. Выпуклые функции и выпуклые задачи на минимум.
6. Принципы линейного программирования.
7. Задача оптимального управления.

8. Принцип динамического программирования.
9. Вероятность, условная вероятность. Независимость.
10. Случайные величины и векторы.
11. Основы теории случайных процессов.
12. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения.
13. Проверка статистических гипотез.
14. Основные понятия корреляционного анализа.
15. Линейная регрессия.
16. Понятие метода главных компонент.
17. Основные понятия теории информации.
18. Статистическая теория решений. Байесовский и минимаксный подходы.
19. Основные направления искусственного интеллекта.
20. Подходы к распознаванию образов.
21. Интерполяционные формулы Лагранжа и Ньютона.
22. Формулы вычисления первой и второй производных функции.
23. Основные формулы численного интегрирования.
24. Методы одномерной оптимизации.
25. Численные методы оптимизации первого порядка: метод градиентного спуска, метод сопряженных градиентов.
26. Численные методы оптимизации второго порядка, квазиньютоновские методы.
27. Метод Левенберга-Марквардта.
28. Прямые методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
29. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
30. Решение проблемы собственных значений.
31. Одношаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
32. Многошаговые методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
33. Решение систем обыкновенных дифференциальных уравнений.
34. Конечно-разностная аппроксимация краевых задач математической физики.
35. Принципы применения метода конечных элементов для решения задач математической физики.
36. Схема вычислительного эксперимента.
37. Виды моделей. Математические модели.
38. Исследование математических моделей. Адекватность модели, устойчивость модели.
39. Метрические, нормированные, гильбертовы пространства. Компактные
40. Принцип сжатых отображений.
41. Линейные операторы. Норма. Обратные операторы. Теорема Банаха.
42. Линейные функционалы. Сопряженное пространство.
43. Равномерная сходимости операторов. Ряд Неймана.
44. Общая теория приближенных методов для линейных операторов.
45. Применение принципа сжатых отображений к системам алгебраических уравнений.
46. Применение принципа сжатых отображений к интегральным уравнениям

47. Фредгольма.
48. Теорема Хаусдорфа о компактных множествах.
49. Минимальные свойства частных сумм ряда Фурье в гильбертовых пространствах.
50. Интерполяция по Лагранжу.
51. Интерполяционные квадратурные формулы.
52. Квадратурные формулы Гаусса.
53. Интегральные уравнения Фредгольма и Вольтерра.
54. Краевая задача Римана.
55. Сингулярные интегральные уравнения.
56. Граничные интегральные уравнения.
57. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
58. Методы построения разностных схем для обыкновенных дифференциальных уравнений.
59. Методы построения разностных схем для эллиптических уравнений.
60. Метод сеток решения параболических уравнений.
61. Проекционные методы решения уравнений математической физики
62. Вариационные методы решения уравнений математической физики.
63. Метод Фурье решения эллиптических уравнений.
64. Метод Фурье решения параболических уравнений.
65. Метод Фурье решения гиперболических уравнений.
66. Полиномы Чебышева. Разложение функций в ряд по полиномам Чебышева.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Колмогоров А. Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. (ЭБС "Лань" <https://e.lanbook.com/book/2206#authors>).
2. Половинкин Е.С., Балашов М.В. Элементы выпуклого и сильно выпуклого анализа. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 440 с. (ЭБС "Лань": <http://e.lanbook.com/book/2279>)
3. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. Вычислительные методы. — М.: Лань, 2014. (ЭБС Лань http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42190)
4. Голованов Н. Н. Геометрическое моделирование. — М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. — ЭБС "Znanium.com": <http://znanium.com/catalog.php?item=newissue#none>
5. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. — М.: Мир. — 2001. http://publ.lib.ru/ARCHIVES/R/RODJERS_Devid_F/Rodjers_D.F.html
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рудковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. — М.: Горячая линия-Телеком, 2013.—(ЭБС "Лань". <http://e.lanbook.com/book/11843>).

7.2. Дополнительная литература

1. Пугачев В. С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Физматлит, 2002. (ЭБС "Лань": <http://e.lanbook.com/book/48170>)
2. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа.

- Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — СПб.: Лань, 2008. (ЭБС Лань http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=537)
3. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — СПб.: Лань, 2008. (ЭБС Лань http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=537)
4. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. — М.: ДМК Пресс, 2015. (ЭБС "Лань": <http://e.lanbook.com/book/69955>)
5. Бойков И. В. Приближенное решение сингулярных интегральных уравнений. — Пенза: Издательство ПГУ. — 2004.
(Сайт ПГУ http://dep_vipm.pnzgu.ru/files/dep_vipm.pnzgu.ru/books/boikov1.pdf)
6. Бойков И. В. Оптимальные методы приближения функций и вычисления интегралов. — Пенза: Издательство ПГУ. — 2007.
(Сайт ПГУ http://dep_vipm.pnzgu.ru/files/dep_vipm.pnzgu.ru/books/boikov3.pdf)
7. Якововский М. В. Введение в параллельные методы решения задач. — М.: МГУ имени М.В.Ломоносова, 2013. (ЭБС Лань <http://e.lanbook.com/book/73098>)
8. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования. — М.: Издательство "Лаборатория знаний", 2015. (ЭБС Лань <http://e.lanbook.com/book/70745>)

7.3. Программное обеспечение

1. Операционная система «Microsoft Windows».
2. Среда разработки программного обеспечения «Microsoft Visual Studio Express» (бесплатное ПО).
3. Офисный пакет типа «Microsoft Office».

7.4. Интернет – ресурсы

1. Образовательный сайт «ИНТУИТ», <http://www.intuit.ru/>
2. Электронные ресурсы издательства Springer. URL: <http://link.springer.com/>.
3. Электронные ресурсы издательства Elsevier.
<http://www.info.sciverse.com/sciencedirect/books/subjects/mathematics>.
4. Общероссийский математический портал Math-Net.Ru.
5. Единая коллекция образовательных ресурсов. <http://school-collection.edu.ru>.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория с мультимедийным оборудованием. Лаборатория - компьютерный класс с установленным ПО, локальная сеть с доменной организацией.

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Программу составили:

Бойков И.В., д.ф-м.н.,

зав. кафедрой «Высшая и прикладная математика»,

Смирнов Ю.Г., д.ф-м.н.,

зав. кафедрой «Математика и суперкомпьютерное моделирование»

Программа обсуждена на заседании кафедры МСМ

Протокол № 1 от «1» 09 2014 года

Зав. кафедрой И.В. Бойков Смирнов Ю.Г.

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с деканом факультета ВТ

Декан факультета ВТ

Л.Р. Фионова Фионова Л.Р. 19.09.14.
(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией факультета ВТ

Протокол № 1 от «15» 09 2014 года

Председатель методической комиссии факультета ВТ Н.Н. Коннов Коннов Н.Н.

(подпись, Ф.И.О.)

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