

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *высокопроизводительных вычислительных технологий и систем*

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор по науке


_____ Р.Д. Еникеев

« 23 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»**

Уровень подготовки

высшее образование - подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность

1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация (ученая степень): кандидат наук


Форма обучения



очная


Уфа 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»

Рабочая программа дисциплины обсуждена на заседании кафедры ВВТиС 28.09.2022 г., протокол № 17 и рекомендована к реализации в образовательном процессе для подготовки аспирантов по ПА 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

И.о. заведующего кафедрой:  А.А. Гайнетдинова

Составители:  С.Ю. Лукашук, д.ф.-м.н., доцент, профессор кафедры ВВТиС,
 В.О. Лукашук, к.ф.-м.н., доцент кафедры ВВТиС

Согласовано:  Р.К. Фаттахов, к.т.н., доцент, начальник ОАиД

Содержание

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
2. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.....	8
4. Фонд оценочных средств	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ	13

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ является дисциплиной, направленной на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, образовательного компонента программы аспирантуры подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.5 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 20 октября 2021 года № 951; Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)".

Является неотъемлемой частью программы аспирантуры подготовки научных и научно-исследовательских кадров в аспирантуре. Дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.

Целью освоения дисциплины является углубление фундаментальных знаний обучающихся, а также его практической подготовки в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ.

Задачи: углубленное изучение теоретических и методологических основ моделирования объектов и явлений, методов исследования математических моделей, современных численных методов и алгоритмов, формирование практических навыков проверки адекватности математических моделей объектов, создания и тестирование наукоемких проблемно-ориентированных программных комплексов и систем компьютерного моделирования различного назначения.

2. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.
	3 курс
Лекции (Л)	10
Практические занятия (ПЗ)	
Лабораторные работы (ЛР)	
КСР	1
Курсовая проект работа (КР)	
Расчетно - графическая работа (РГР)	
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	61
Подготовка и сдача экзамена	
Подготовка и сдача зачета	36
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов					Литература, рекомендуемая аспирантам*	
		Аудиторная работа				СРС		Всего
		Л	ПЗ	ЛР	КСР			
1	<p>Математические основы</p> <p>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. 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. 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.</p>	2				16	18	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3, 5.1.4, 5.2.4, 5.2.6
2	<p>Информационные технологии</p> <p>Принятие решений. Общая проблема решения.</p>	2				15	17	5.1.4, 5.1.10, 5.2.2, 5.2.6

	<p>Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения. Экспертизы и неформальные процедуры.</p> <p>Автоматизация проектирования.</p> <p>Искусственный интеллект.</p> <p>Распознавание образов.</p>							
3	<p>Компьютерные технологии</p> <p>Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.</p> <p>Численное дифференцирование и интегрирование.</p> <p>Численные методы поиска экстремума.</p> <p>Вычислительные методы линейной алгебры.</p> <p>Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Интерполяция, сплайн-аппроксимация.</p> <p>Метод конечных элементов.</p> <p>Интегральные преобразования Фурье, Лапласа, Меллина. Дискретное преобразование Фурье.</p> <p>Численные методы вейвлет-анализа.</p> <p>Преобразование Хаара.</p> <p>Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.</p> <p>Представление о языках программирования высокого уровня.</p> <p>Пакеты прикладных программ.</p>	2				15	17	5.1.2, 5.1.5, 5.2.1
4	<p>Методы математического моделирования</p> <p>Элементарные математические модели в механике.</p> <p>Элементарные математические модели в гидродинамике.</p> <p>Элементарные математические модели в электродинамике.</p> <p>Универсальность математических моделей.</p>	4			1	15	20	5.1.6, 5.1.7, 5.1.8, 5.1.9, 5.1.10, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.5

<p>Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.</p> <p>Вариационные принципы построения математических моделей.</p> <p>Методы исследования математических моделей. Устойчивость.</p> <p>Проверка адекватности математических моделей.</p> <p>Математические модели в статистической механике.</p> <p>Математические модели в экономике.</p> <p>Математические модели в биологии.</p> <p>Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.</p> <p>Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора.</p> <p>Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.</p> <p>Модели динамических систем. Особые точки.</p> <p>Бифуркации. Динамический хаос.</p> <p>Эргодичность и перемешивание.</p> <p>Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.</p>									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

Тема 1 Математические основы

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум.
2. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.
3. Элементы многомерного статистического анализа.
4. Основы теории информации.

Тема 2 Информационные технологии

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Экспертизы и неформальные процедуры.
2. Искусственный интеллект.
3. Распознавание образов.

Тема 3 Компьютерные технологии

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Метод конечных элементов.
2. Численные методы вейвлет-анализа.
3. Пакеты прикладных программ.

Тема 4 Методы математического моделирования

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
2. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии.
3. Режимы с обострением.

4. Фонд оценочных средств

Оценка уровня освоения дисциплины осуществляется в виде текущего и промежуточного контроля успеваемости аспирантов университета, и на основе критериев оценки уровня освоения дисциплины.

Активность обучающегося оценивается на занятиях и на основе выполненных работ и заданий, предусмотренных ФОС дисциплины.

Оценивание проводится преподавателем независимо от наличия или отсутствия обучающегося (по уважительной или неуважительной причине) на занятии. Оценка носит комплексный характер и учитывает достижения обучающегося по основным компонентам образовательного процесса за текущий период.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Наименование оценочного средства*
1	Математические основы	Круглый стол, ответы на вопросы
2	Информационные технологии	Круглый стол, ответы на вопросы
3	Компьютерные технологии	Круглый стол, комплексное задание, ответы на

		вопросы
4	Методы математического моделирования	Круглый стол, комплексное задание, ответы на вопросы

Вопросы к экзамену

1. Понятие меры и интеграла Лебега. Метрические и нормированные пространства.
2. Пространства интегрируемых функций.
3. Пространства Соболева.
4. Линейные непрерывные функционалы.
5. Теорема Хана-Банаха.
6. Линейные операторы.
7. Элементы спектральной теории. Дифференциальные и интегральные операторы.
8. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах.
9. Выпуклые задачи на минимум.
10. Математическое программирование, линейное программирование
11. Математическое программирование, выпуклое программирование.
12. Задачи на минимакс.
13. Основы вариационного исчисления.
14. Задачи оптимального управления.
15. Принцип максимума.
16. Принцип динамического программирования.
17. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины и векторы.
18. Элементы корреляционной теории случайных векторов.
19. Элементы теории случайных процессов. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения.
20. Элементы теории проверки статистических гипотез.
21. Элементы многомерного статистического анализа.
22. Основные понятия теории статистических решений.
23. Основы теории информации.
24. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь.
25. Принятие решений. Байесовский и минимаксный подходы.
26. Метод последовательного принятия решения.
27. Экспертизы и неформальные процедуры.
28. Автоматизация проектирования.
29. Искусственный интеллект.
30. Распознавание образов.
31. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.
32. Численное дифференцирование и интегрирование.
33. Численные методы поиска экстремума.
34. Вычислительные методы линейной алгебры.
35. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.
36. Интерполяция, сплайн-аппроксимация.
37. Метод конечных элементов.
38. Интегральные преобразования Фурье, Лапласа, Меллина. Дискретное преобразование Фурье.
39. Численные методы вейвлет-анализа. Преобразование Хаара.
40. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.
41. Представление о языках программирования высокого уровня.
42. Пакеты прикладных программ.
43. Элементарные математические модели в механике.
44. Элементарные математические модели в гидродинамике.

45. Элементарные математические модели в электродинамике.
46. Универсальность математических моделей.
47. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы.
48. Вариационные принципы построения математических моделей.
49. Методы исследования математических моделей. Устойчивость.
50. Проверка адекватности математических моделей.
51. Математические модели в статистической механике.
52. Математические модели в экономике.
53. Математические модели в биологии.
54. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
55. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
56. Модели динамических систем. Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание.
57. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.

Критерии оценки:

К экзамену допускается аспирант, получивший оценки «зачтено» по всем заданиям промежуточной аттестации.

- оценка **«отлично»** выставляется аспиранту, если он дает полные правильные и конкретные ответы на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы экзаменатора, показывает глубокие, исчерпывающие знания программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений дисциплины.

- оценка **«хорошо»** выставляется аспиранту, если он дает последовательные, правильные и конкретные ответы на поставленные вопросы и свободно устраняет замечания по отдельным вопросам, показывает твердые и достаточно полные знания всего программного материала, правильное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений.

- оценка **«удовлетворительно»** выставляется аспиранту, если он дает правильные и конкретные ответы на поставленные вопросы без грубых ошибок и устраняет неточности и ошибки в освещении отдельных положений при наводящих вопросах экзаменатора, показывает твердое понимание основных вопросов программы дисциплины.

- оценка **«неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, если он дает неправильный ответ хотя бы на один из основных вопросов билета, допущены грубые ошибки в ответе, имеют место непонимание сущности излагаемых вопросов, неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.

Типовые оценочные материалы

Раздел (тема) дисциплины Математические основы

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

1. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум.
2. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.
3. Элементы многомерного статистического анализа.
4. Основы теории информации.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого;
- оценка «не зачтено» - отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола.

Раздел (тема) дисциплины Информационные технологии

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

1. Экспертизы и неформальные процедуры.
2. Искусственный интеллект.
3. Распознавание образов.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола;
- оценка «не зачтено» - отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола.

Раздел (тема) дисциплины Компьютерные технологии

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

1. Метод конечных элементов.
2. Численные методы вейвлет-анализа.
3. Пакеты прикладных программ.

Комплексное задание (пример):

Разработать численный алгоритм решения краевой задачи Блазиуса о стационарном ламинарном пограничном слое на плоской пластине:

$$u_x + v_y = 0, \quad uu_x + vv_y = \eta u_{yy},$$

$$u(x,0) = v(x,0) = 0,$$

$$\lim_{y \rightarrow \infty} u(x,y) = U = const.$$

Выполнить программную реализацию разработанного алгоритма, тестирование программы провести с использованием приближенного решения Блазиуса.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок, либо допущены незначительные ошибки, исправленные под руководством преподавателя;
- оценка «не зачтено» - отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

Раздел (тема) дисциплины Методы математического моделирования

Перечень дискуссионных тем для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)

1. Задачи редукции к идеальному прибору. Синтез выходного сигнала идеального прибора. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.
2. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии.
3. Режимы с обострением.

Комплексное задание (пример):

Найти общий вид функции $f(t, x, u)$, соответствующей внешней вынуждающей силе, при котором нелинейное волновое уравнение

$$u_{tt} = u_{xx} + f(t, x, u)$$

будет допускать 1) решение типа бегущей волны, 2) автомодельное решение. Построить эти решения. Выполнить анализ их устойчивости по начальным данным.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если была проявлена дискуссионная активность в рамках круглого стола и задания выполнены без ошибок;
- оценка «не зачтено» - отсутствовала дискуссионная активность в рамках круглого стола и/или задания выполнены с ошибками.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. – 7-е изд. – Москва: Физматлит, 2009 – 572 с. <https://e.lanbook.com/book/2206>
2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач : учебное пособие / Ф.П. Васильев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Наука, 1988 – 549 с.
3. Боровков А.А. Теория вероятностей / А.А. Боровков – Москва.: УРСС, 2021 – 656 с.
4. Боровков, А. А. Математическая статистика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А. А. Боровков. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021 – 704 с. <https://e.lanbook.com/book/164711>
5. Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин ; под ред. А. А. Самарского. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2014 – 592 с. http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Kalitkin_Chisl_met_Izd2_2014.pdf
6. Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Электронный ресурс]: монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – 2-е изд. – Москва : Физматлит, 2005 – 320 с. <https://e.lanbook.com/book/59285>

7. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. – Москва: Изд-во МГУ, 1993 – 332 с.
8. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов / В.В. Лебедев. – Москва: Изограф, 1997 – 224 с.
9. Петров А.А. Опыт математического моделирования экономики / А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин. – Москва: Энергоатомиздат, 1996 – 544 с.
10. Пытьев, Ю. П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем [Электронный ресурс]: монография / Ю. П. Пытьев. – Москва : Физматлит, 2012 – 428 с. <https://e.lanbook.com/book/59752>

5.2 Дополнительная литература

1. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач : учебное пособие / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1979 – 285с.
2. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента / Ю.П. Пытьев. – Москва: Высш. школа, 1989 – 352 с.
3. Чуличков, А. И. Математические модели нелинейной динамики [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Чуличков. – 2-е изд. – Москва: Физматлит, 2003. – 296 с. <https://e.lanbook.com/book/59325>
4. Демьянов В.Ф. Введение в минимакс / В.Ф. Демьянов, В.Н. Малоземов. – Москва: Наука, 1972 – 368 с.
5. Краснощеков П.С. Принципы построения моделей / П.С. Краснощеков, А.А. Петров. – Москва: Изд-во МГУ, 1983 – 264 с.
6. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е. С. Вентцель. – Изд. 5-е, стер. – Москва: КНОРУС, 2013 – 192 с. http://www.library.ugatu.ac.ru/pdf/teach/Ventsel_Issled_oper_zadach_5izd_2013.pdf

5.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

6. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

При инклюзивном обучении лиц с ОВЗ предоставляется возможность использовать следующие материально-технические средства:

- для аспирантов с ОВЗ по зрению предусматривается применение средств преобразования визуальной информации в аудио и тактильные сигналы, таких как, брайлевская компьютерная техника, электронные лупы, видеовеличители, программы незрительного доступа к информации, программы-синтезаторов речи;

- для аспирантов с ОВЗ по слуху предусматривается применение сурдотехнических средств, таких как, системы беспроводной передачи звука, техники для усиления звука, видеотехника, мультимедийная техника и другие средства передачи информации в доступных формах;

- для аспирантов с нарушениями опорно-двигательной функции предусматривается применение специальной компьютерной техники с соответствующим программным обеспечением, в том числе, специальные возможности операционных систем, таких, как экранная клавиатура и альтернативные устройства ввода информации.