

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук  
(ИМАШ РАН)

Одобрено Учёным Советом  
ИМАШ РАН  
Протокол № 4  
«12» августа 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Временно исполняющий обязанности  
директора ИМАШ РАН, д.т.н., профессор  
В.А. Глазунов  
«19» августа 2015 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»

#### Направление подготовки

09.06.01 – Информатика и вычислительная техника

#### Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

#### Форма обучения

Очная  
Заочная

Москва  
2015

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» реализуется в рамках **Блока 1** Основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) аспирантам очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника.

Рабочая программа разработана с учётом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 875, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33685.

Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану составляет 5 зач.ед. (180 часов), из них лекций – 54 часа, практических (семинарских) занятий – 36 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 60 часов, подготовка к экзамену – 30 часов. Дисциплина реализуется на 3-м курсе, в 5-м (осеннем) (2 зач. ед.) и 6-м (весеннем) (3 зач. ед.) семестрах, продолжительность обучения – 2 семестра.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренные настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачётно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины** «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»:

**Цель:**

- формирование у аспирантов углубленных теоретических знаний в области, соответствующей научной специальности.

**Задачи:**

- актуализировать знания ключевых понятий из предшествующих дисциплин, особенно важные для математического моделирования;
- ознакомить обучающихся с основными современными задачами математического моделирования, возникающими в различных областях;
- научить обучающихся выбирать наиболее подходящий метод для решения поставленных перед ними задач;
- ознакомить обучающихся с возможностями современных пакетов вычислительной математики.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника:

**а) универсальные (УК):**

- 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);

**в) профессиональных (ПК):**

- способность самостоятельно или в составе исследовательской группы проводить теоретические и экспериментальные исследования методов математического моделирования и численных методов для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем (ПК-1);
- владение современной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области математического моделирования и численных методов (ПК-3);

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основы методологии математического моделирования;
- элементы вероятностного моделирования;
- элементы операционного моделирования;
- основные классы численных методов, их особенности;
- теоретические подходы к созданию комплексов программ;
- принципы программной инженерии;
- новейшие тенденции в программной инженерии.

**Уметь:**

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму методов программной инженерии;
- использовать современные средства создания комплексов программ;
- абстрагироваться от несущественного при математическом моделировании;
- планировать оптимальное проведение численного эксперимента;
- выбирать численные методы, подходящие для решения той или иной задачи.

**Владеть:**

- понятиями меры и интеграла Лебега;
- методикой планирования, постановки и обработки результатов численного эксперимента;
- математическим моделированием научных задач и задач проектирования техники;
- понятиями выпуклого анализа;
- понятиями математической статистики;
- основной терминологией теории принятия решений;
- основной терминологией теории исследование операций;
- основными численными методами;
- методологией постановки вычислительных экспериментов;
- одной из распространённых систем математического моделирования.

**3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****3.1. Структура дисциплины****Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ**

Вид учебной работы	Трудоёмкость					
	общая		из них			
	зач.ед.	час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам..
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>90</b>
<i>Аудиторные занятия</i>	<b>2,5</b>	<b>54</b>	54		36	
Лекции (Л)	1,5	54	54			
Практические занятия (ПЗ)	0	0		0		
Семинары (С)	1	36			36	
<i>Самостоятельная работа (СР) в т.ч. с учётом промежуточного и итогового контроля</i>	<b>2,5</b>	<b>90</b>				<b>90</b>
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины, подготовка к экзамену	2,5	90				<b>90</b>
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>					

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### Общее содержание дисциплины

№ Раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
5 (осенний) семестр		
1.	Вычислительный эксперимент. Алгоритмические языки.	Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.
2.	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. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.
3.	Теория вероятностей. Математическая статистика. Прикладная 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. Дисперсионный анализ (ANOVA). Множественная проверка гипотез. Корреляционный анализ. Факторный анализ. Линейный регрессионный анализ.
4.	Численные методы.	Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. 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.
5.	Элементы выпуклой оптимизации	Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на максимум. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

6.	Элементы теории принятия решений. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта.	Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.
7.	Элементы функционального анализа.	Банаховы алгебры. Спектр. Спектр линейного оператора. Классификация операторов. Функциональное исчисление. Спектральная теорема для ограниченных операторов. Свойства не Теорема Стоуна-Вейерштрасса. Пространство максимальных идеалов банаховой алгебры. Преобразование Гельфанда. Граница Шилова. Топологические векторные пространства. Локально выпуклые пространства. Теоремы о неподвижной точке и их применения. Квазианалитические классы функций. Сплайны. Аппроксимация сплайнами. Некорректные задачи. Регуляризация.
6 (Весенний) семестр		
8.	Математические модели в научных исследованиях.	Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем.
9.	Модели динамических систем.	Особые точки. Бифуркации. Динамический хаос. Эргодичность и перемешивание. Понятие о самоорганизации. Диссипативные структуры. Режимы с обострением.
10.	Объектно-ориентированное и объектное программирование.	Принцип открытости-закрытости в программной инженерии и объектно-ориентированное программирование. Диаграммы проектирования классов в объектно-ориентированном программировании. Паттерны проектирования. Порождающие паттерны. Структурные паттерны. Поведенческие паттерны. Проектирование шаблонов арифметических выражений.
11.	Элементы дискретной математики. Параллельные методы для решения задач дискретной оптимизации.	Дискретные алгоритмы. Задачи дискретной оптимизации. Задача о ранце Метод динамического программирования. Структуры данных, организация обменов Параллельная реализация
12.	Языки высокого уровня для моделирования. MATLAB	

### 3.3 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Вычислительный эксперимент. Алгоритмические языки.	4	3			7
2	Математические модели в научных исследованиях.	4	3			8
3	Модели динамических систем.	5	3			7
4	Объектно-ориентированное и объектное программирование.	5	3			8
5	Основные принципы математического моделирования.	5	3			7
6	Теория вероятностей. Математическая статистика. Прикладная статистика.	4	3			7
7	Численные методы.	5	3			7
8	Элементы выпуклой оптимизации.	4	3			7
9	Элементы дискретной математики. Параллельные методы для решения задач дискретной оптимизации.	5	3			8
10	Элементы теории принятия решений. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта.	5	3			7
11	Элементы функционального анализа.	3	3			7
12	Языки высокого уровня для моделирования. MATLAB.	5	3			16
Итого часов		54	36			60
Подготовка к экзамену		30 час.				
Общая трудоёмкость		180 час. 5 зач. ед.				

#### **4. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.

На лекционных занятиях демонстрируются презентации с помощью мультимедийных технологий.

В процессе самостоятельной работы обучающиеся могут использовать программные средства MATLAB, Mathcad, WolframMathematica.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### *Основная литература*

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Физматлит, 2004, 2006, 2009, 2012.
2. Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика. – М.: Бином, 2009. – 472 с. – 472 с.

##### *Дополнительная литература и Интернет-ресурсы*

1. Ивченко Г. И. и Медведев Ю. И. Введение в математическую статистику. М.: Издательство ЛКИ, 2010, 2014.
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. —592 с.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997.
4. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. М.: Изд-во МГУ, 1993.
5. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: ИЗОГРАФ, 1997.
6. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.
7. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. М.: Физматлит, 2002.
8. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979.
9. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента. М.: Высш. школа, 1989.
10. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2000.
11. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. М.: Наука, 1972.
12. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1984
13. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Сов. радио, 1972.
14. Петров И.Б., Лобанов А.И.. Лекции по вычислительной математике. 2006г., 522с.
15. Карпов В.Е., Коньков К.А. Основы операционных систем. М.: Интуит, 2004.
16. <http://lib.mipt.ru>– электронная библиотека Физтеха
17. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.
18. [ocw.mit.edu](http://ocw.mit.edu) – Собрание он-лайн курсов по различным дисциплинам, читаемых в MIT.  
<http://arXiv.org>– CornellUniversityLibrary – Библиотека Корнельского Университета, электронный ресурс arXiv.



## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от аспирантов требуется самостоятельная работа в объёме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное решение задач. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций.