

**Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской
академии наук»
(ФИЦ ИУ РАН)**

Утверждена

Ученым советом ФИЦ ИУ РАН,
протокол № 1 от «27» ноября
2015 г.

Председатель Ученого совета,
директор ФИЦ ИУ РАН
И.А. Соколов
_____ «30» ноября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «Математическое моделирование»

Направление подготовки
09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль (направленность программы)
05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

Москва, 2015

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Профиль (направленность программы): 05.13.01 Системный анализ, управление и
обработка информации

Дисциплина: «Математическое моделирование»

Форма обучения: очная

Рабочая программа составлена с учетом ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01
Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства
образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 875,
зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33685.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РЕКОМЕНДОВАНА

лабораторией 2-1 ФИЦ ИУ РАН Математические методы анализа и синтеза сложных
систем

Руководитель лаборатории _____ / _____ Крищенко А.П. _____ /
«_____» 2015г.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

Крищенко А.П., ФИЦ ИУ РАН, зав. лаб., чл.-корр РАН, д.ф.-м.н., профессор

Рабочая программа зарегистрирована в аспирантуре под учетным номером
_____ на правах учебно-методического издания.

Начальник отдела докторантury и аспирантуры _____ / Клименко С..И. /

Оглавление

АННОТАЦИЯ.....	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
3.1. Структура дисциплины	6
3.2. Содержание разделов дисциплины.....	6
3.3.Практические (семинарские) занятия.....	10
3.4.Самостоятельная работа аспирантов.	10
4.ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ	11
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	13
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ....	13

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Математическое моделирование» реализуется в рамках Блока 1 Основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль (направленность программы) 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации аспирантам очной формы обучения.

Рабочая программа разработана с учетом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 875, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 20 августа 2014 года № 33685.

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются: материалы конференций, симпозиумов, семинаров, Интернет-ресурсы, научные издания и монографические исследования и публикации.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой естественнонаучной подготовкой и навыками специалиста или магистра по направлению подготовки «Прикладная математика» или аналогичным направлениям

Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет - 3 зач.ед. (108 часов), из них лекций - 68 час., семинарских занятий – 0 час., практических занятий – 0 час. и часов самостоятельной работы – 40 час. Дисциплина реализуется на 2 курсе, 3 семестре, продолжительность обучения – 1 семестр.

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

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме: зачета.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование» является формирование у исследователей теоретических знаний в области теории математического моделирования и обучение применению математического аппарата нелинейной теории управления к решению задач моделирования процессов управления различными системами на основе их нелинейных моделей.

Дисциплина «Математическое моделирование» призвана помочь аспирантам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение кандидатской диссертации и сдачи кандидатского экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, профиль (направленность программы) 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации аспирантам очной формы обучения:

- а) универсальных (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);

- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

б) общепрофессиональных (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4);

- способность представлять полученные результаты научно-исследовательской деятельности на высоком уровне и с учетом соблюдения авторских прав (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

- готовность использовать знание основных методов математического моделирования в последующей профессиональной деятельности в качестве научных сотрудников, преподавателей вузов, инженеров, технологов (ПК-1);

- готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности в области моделирования и анализа сложных естественных и искусственных систем (ПК-3);

- способность к созданию математических и информационных моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ПК-4);

- способность применять на практике умения и навыки в организации исследовательских работ и проводить научные исследования, готовность к участию в инновационной деятельности (ПК-5).

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование» обучающийся должен:

иметь представление

– о методах и моделях линейного программирования;

– о моделях теории игр;

– об идентификационных статистических моделях;

– о методах экспертных оценок;

– о способах моделирования технических систем;

– о моделировании случайных процессов;

– о принципах построения агрегативных и имитационных моделей.

знать и уметь использовать

– классификацию, области применимости и свойства математических моделей отдельных классов;

– общие принципы построения математических моделей;

– методику построения математических моделей.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоемкость					
	общая		Из них			
	Зач. Ед.	Час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам.р.
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ по Учебному плану	3	108	68			40
Аудиторные занятия						
Лекции (Л)	1,9	68	68			
Практические занятия (ПЗ)						
Семинары (С)						
Самостоятельная работа (СР) без учёта промежуточного контроля:						
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины	1,1	40				40
Вид контроля: зачет (является составной частью кандидатского экзамена)						

3.2. Содержание разделов дисциплины

Общее содержание дисциплины

№ раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Количество часов
1	Введение в теорию математического моделирования	Понятие модели. Классификация моделей. Примеры математических моделей. Требования, предъявляемые к моделям. Математическая модель: принципы построения, цели. Иерархия моделей. Основные этапы моделирования: постановка задачи, формализация, выбор метода решения и его реализация, анализ результатов, проверка адекватности модели. Вычислительная сложность и программная реализация.	14
2	Математические модели систем с управлением.	Математический и физический маятник. Колесный робот. Движение центра масс твердого тела. Задача ориентации. Модели	16

		динамики популяций. Модели развития сахарного диабета и рака. Модели групповой динамики. Экономические модели.	
3	Математические схемы моделирования сложных систем	Основные подходы. Учет входных воздействий, внешней среды, внутренних параметров, выходных характеристик. Дифференциальные уравнения и уравнения математической физики. Теория автоматов. Статистические методы. Методы теории массового обслуживания. Методы многокритериальной оптимизации. Методы прогнозирования. Игровые методы.	18
4	Имитационное моделирование систем	Процедура имитационного моделирования. Имитация функционирования системы. Алгоритмы имитационного моделирования: по принципу особых состояний; по дискретному времени. Моделирование случайных воздействий.	18
5	Методы и средства определения выходных характеристик	Качественные и численные методы, нахождение переходных процессов, статистических характеристик, конечных состояний. Бифуркационный анализ. Аппаратные и программные средства математического моделирования. Планирование вычислительных экспериментов.	16
6	Математическое моделирование процессов управления	Управление роботами с упругими звеньями. Управление колесными роботами. Управление ориентацией твердого тела. Проектирование траекторий летательных аппаратов. Медико-биологические системы. Управление в условиях неопределенности.	14

7	Моделирование оценивания состояния систем	Моделирование оценивания состояния систем Линейный и нелинейный наблюдатели. Обратная связь с высоким коэффициентом усиления. Использование теории нормальной формы	12
	ВСЕГО		108

Лекционный курс

Порядковый номер лекции	Раздел, тема учебного курса, содержание лекции	Трудоемкость	
		час.	зач. ед.*
1	Раздел 1. <i>Введение в теорию математического моделирования</i> Тема 1.1. Основные понятия 1.1.1. Понятие модели. Классификация моделей. Примеры математических моделей. 1.1.2. Требования, предъявляемые к моделям. Математическая модель: принципы построения, цели. Иерархия моделей как метод анализа сложных систем. Примеры.	2	
2	Тема 1.2. Этапы моделирования 1.2.1. Постановка задачи, формализация, выбор метода решения и его реализация, анализ результатов, проверка адекватности модели. 1.2.2. Вычислительная сложность и программная реализация.	2	
3	Раздел 2. <i>Математические модели систем с управлением.</i> Тема 2.1. Технические системы. 2.1.1. Математический и физический маятник. Колесный робот.	2	
4	2.1.2. Движение центра масс твердого тела.	2	
5	2.1.3. Задача ориентации.	2	
6	Тема 2.2. Медико-биологические модели 2.2.1. Модели динамики популяций.	2	
7	2.2.2. Модели развития сахарного диабета и рака.	2	
8	Тема 2.3. Статистические модели Раздел 3. <i>Математические схемы моделирования сложных систем</i>		
9	Тема 3.1. Основные подходы. Учет входных воздействий, внешней среды, внутренних параметров, выходных характеристик.	2	
10	Тема 3.2. Обыкновенные дифференциальные уравнения.	2	
11	Тема 3.2. Уравнения математической физики.	2	
12		2	

13	Тема 3.4. Теория автоматов.	2	
14	Тема 3.5. Статистические методы.	2	
15	Тема 3.6. Методы теории массового обслуживания.	2	
16	Тема 3.7. Методы многокритериальной оптимизации.	2	
17	Тема 3.8. Методы прогнозирования.		
	Тема 3.9. Методы теории игр.		
	Раздел 4. Имитационное моделирование систем	2	
18	Тема 4.1. Процедура имитационного моделирования и имитация функционирования системы.	2	
19	Тема 4.2. Алгоритмы имитационного моделирования.		
	4.2.1. По принципу особых состояний.		
	4.2.2. По дискретному времени.	2	
20	Тема 4.3. Моделирование случайных воздействий.		
	Раздел 5. <i>Методы и средства определения выходных характеристик</i>	2	
21	Тема 5.1. Качественные методы.		
	5.1.1. Бифуркационный анализ.	2	
22	5.1.2. Нахождение конечных состояний.	2	
23	Тема 5.2. Численные методы.		
	5.2.1. Нахождение переходных процессов.		
	5.2.2. Нахождение статистических характеристик.	2	
24	Тема 5.3. Аппаратные средства.	2	
25	Тема 5.4. Программные средства.		
	математического моделирования.	2	
26	Тема 5.5. Планирование вычислительных экспериментов.		
	Раздел 6. Математическое моделирование процессов управления	2	
27	Тема 6.1. Технические системы.		
	6.1.1. Роботы с упругими звеньями.	2	
28	6.1.2. Колесные роботы.		
	6.1.3. Управление ориентацией твердого тела.	2	
29	6.1.4. Беспилотные летательные аппараты.	2	
30	Тема 6.2 . Медико-биологические системы.	2	
31	Тема 6.3. Управление в условиях неопределенности.		
	6.3.1. Системы с переменной структурой. Тема		
32	6.3.2. Адаптивное управление.	2	
	6.3.3. Робастное управление.		
	Раздел 7. <i>Моделирование оценивания состояния систем</i>	2	
33	Тема 8.1. Линейный и нелинейный наблюдатели.	2	
34	Тема 8.2. Обратная связь с высоким коэффициентом усиления.		
	Тема 8.3. Принцип разделения. Использование теории нормальной формы.		
ИТОГО		68	1.9

3.3.Практические (семинарские) занятия, их наименование, содержание и объём в часах.

Практические (семинарские) занятия не предусмотрены.

3.4.Самостоятельная работа аспирантов.

Внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- конспектирование и реферирование первоисточников и другой научной и учебной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку;
- написание рефератов;
- выполнение переводов научных текстов с иностранных языков;
- индивидуальные домашние задания расчетного, исследовательского и т.п. характера.

Содержание и объем самостоятельной работы аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень домашних заданий и других вопросов для самостоятельного изучения	Сроки выполнения (№ недели)	Трудоемкость	
			час.	зач. ед.
Математические модели систем управлением.	Индивидуальное задание: построение оценки области устойчивости положения равновесия замкнутой системы	2н-4н	9	0,25
Математические схемы моделирования сложных систем	Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе)	5н-9н	18	0,5
Имитационное моделирование систем	Создание ПО и выполнение индивидуального задания:	10н-12н	27	0,75
Методы и средства определения выходных характеристик	Проработка учебного материала по конспектам	12н	18	0,5
Математическое моделирование процессов управления	Создание ПО и выполнение индивидуального задания	13н-16н	21	0,6
Моделирование оценивания состояния систем	Подготовка рефератов по материалам международных конференций	16н-176н	18	0,5

4. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Текущая аттестация аспирантов. Текущая аттестация аспирантов проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме опроса, а также оценки вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных контрольных мероприятиях по оцениванию фактических результатов обучения, осуществляемых преподавателем, ведущим дисциплину.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимых в рамках семинаров, практических занятий и самостоятельной работы.

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется с использованием нормативных оценок по 4-х бальной системе (5-отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2-не удовлетворительно).

Промежуточная аттестация аспирантов. Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине проводится в соответствии с локальным актом ФИЦ ИУ РАН - Положением о текущей, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов ФИЦ ИУ РАН по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется в форме зачета в период зачетно-экзаменационной сессии в соответствии с Графиком учебного процесса по приказу (распоряжению заместителя директора по научной работе). Аспирант допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий и мероприятий, предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета.

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, имеет представление об особенностях математического моделирования, обладает навыком по концептуальному проектированию интеллектуальных систем, изучил основные методы представления знаний и моделирования рассуждений. Информирован и способен делать анализ проблем и намечать пути их решения
Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области математического моделирования. Не информирован или слабо разбирается в проблемах, и или не в состоянии наметить пути их решения.

Вопросы для контроля знаний:

1. Приведите понятие модели и классификацию моделей. Приведите примеры.
2. Перечислите основные этапы математического моделирования.
3. Что такое иерархия моделей? Приведите примеры.
4. Какие математические модели систем с управлением вам известны? Опишите их свойства.
5. Опишите математическую модель задачи ориентации. Приведите примеры статистических моделей систем с управлением.
6. Перечислите основные подходы и схемы моделирования сложных систем.
7. Какие типы автоматов вам известны? В чем разница между детерминированными и вероятностными автоматами?
8. Сформулируйте предмет, цель и задачи теории массового обслуживания. Приведите основные понятия и методы теории массового обслуживания.
9. Приведите пример и формальную постановку задачи многокритериальной оптимизации.
10. В чем состоит процедура имитационного моделирования систем?
11. Опишите основные принципы бифуркационного анализа.
12. Что такое переходные процессы? Как выполняется нахождение переходных процессов с использованием численных методов?
13. Опишите аппаратные и программные средства математического моделирования. Приведите примеры.
14. С какой целью выполняется планирование вычислительных экспериментов? Проведите сравнение между натурным экспериментом и математическим экспериментом.
15. В чем принципиальная разница в моделировании процессов управления при работе с роботами с упругими звенями, колесными роботами, беспилотными летательными аппаратами?
16. В чем состоит задача проектирования траектории? Какие методы используются для ее решения? Опишите алгоритм A*.
17. Опишите особенности управления в условиях неопределенности. Приведите примеры систем с переменной структурой.
18. Какие методы адаптивного и робастного управления вам известны?
19. Как выполняется моделирование оценивания состояния систем? В чем разница между линейным и нелинейным наблюдателями?
20. В чем состоят принципы теории нормальной формы? Как она используется при моделировании оценивания состояния систем.

Возможные темы рефератов:

- Математическое моделирование методов адаптивного управления
- Имитационное моделирование взаимодействия групп объектов
- Исследование устойчивости «вход – состояние» для нелинейных систем
- Построение управления на основе теории скользящих режимов
- Наблюдатели для нелинейных систем

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Краснощеков П.С., Петров А. А. Принципы построения моделей. М., ФАЗИС, 2000, 412 с.
2. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей. 3-е изд., испр. М.: КомКнига, 2007. 192 с.
3. Петров А. А., Поступов И. Г., Шананин А. А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996. 544 с.
4. Astolfi A., Karagiannis D., Ortega R. Nonlinear and Adaptive Control with Applications. London: Springer-Verlag, 2008. - 289 р.
5. Краснощеченко В.И., Крищенко А.П. Нелинейные системы: геометрические методы анализа и синтеза. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 520 с.
6. Мирошник И.В., Никифоров В.О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.

Дополнительная литература.

7. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2001.
8. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем: Учеб. для вузов — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 2001. 343 с.
9. Ким Д.П. Теория автоматического управления. В 2-х томах. Многомерные, нелинейные и адаптивные системы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. Т.2. 464~с.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 05.13.01 программа специальности «Системный анализ, управление и обработка информации» предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерное моделирование и визуализация, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

ИСПОЛНИТЕЛИ (разработчики программы):

д.ф.-м.н., проф.

А.П.Крищенко

«_____» 2015 г.