

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПМИ КарНЦ РАН)**



УТВЕРЖДАЮ
Врио директора ИПМИ КарНЦ РАН
д.ф.-м.н., проф.
В.В. Мазалов
2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**ДИСЦИПЛИНЫ
МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль: Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Петрозаводск
2015

Составители рабочей программы
Вед. научн. сотрудник, доцент, д.ф.-м.н.
(должность, ученое звание, ученая степень)



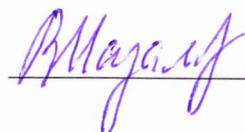
Кириллов А.Н.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИПМИ КарНЦ РАН

«28» августа 2015 г., протокол № 7

Председатель Ученого совета

Д.ф.-м.н., проф.



В.В. Мазалов

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Методы математического моделирования» является изучение понятийного аппарата математического моделирования, формирование навыков использования математических методов моделирования в самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности; а также в технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

1.1. Виды профессиональной деятельности:

- научно-исследовательская деятельность;
- проектная деятельность.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, в соответствии с данными видами профессиональной деятельности, готов решать следующие профессиональные задачи:

- подготовка научных и научно-технических публикаций;
- изучение и разработка алгоритмов программных комплексов с использованием методов математического моделирования;
- планирование процессов и ресурсов для решения задач в области прикладной математики и информатики;
- формирование навыков использования математических методов моделирования в самостоятельной научно-исследовательской, педагогической и производственно-технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

2. Место дисциплины в структуре ООП аспиранта

Дисциплина «Методы математического моделирования» является вариативной согласно учебному плану ООП по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника. Дисциплина «Методы математического моделирования» изучается в 3 семестре. Процесс изучения дисциплины «Методы математического моделирования» направлен на формирование следующих компетенций: ОПК 1, ПК 6, ПК 7, УК 1, УК 3, УК 6.

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации)	Структура компетенции	Дескрипторы (уровни) - основные признаки освоения (показатели достижения результата)		Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	ОПК 1	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей	

			Пороговый (базовый) уровень	Основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования.	
		Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутой) уровень	грамотно использовать математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
		Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.

			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.	
Способность к разработке новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента	ПК 6	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	классификации математических	

				моделей, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
		Уметь: вести научно-исследовательскую деятельность совместно с российскими и международными исследовательскими коллективами	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
	Повышенный (продвинутый) уровень		грамотно использовать математические модели в научных исследованиях		
	Пороговый (базовый) уровень		решение конкретных практических задач		
		Владеть основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.	Высокий (превосходный) уровень	Владеть: организационными, коммуникативными навыками позволяющими осуществлять работу в российских и международных исследовательских коллективах	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	

			Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.	
Способность к разработке новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели	ПК 7	Знать: текущее положение современных научных достижений.	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей	
			Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
			Уметь: принимать мотивированное решение в стандартных и нестандартных ситуациях	Высокий (превосходный) уровень	

			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать математические модели в научных исследованиях	задач.
			Пороговый (базовый) уровень	решения конкретных практических задач.	
		Владеть: навыками принятия решений и способность нести ответственность за принятие решения	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
			Пороговый (базовый) уровень	статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов	
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	Знать: текущее положение современных научных достижений, методику проведения вычислительных экспериментов и составления математических моделей, реализацию численных методов и комплексов	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.

		программ.	Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
			Пороговый (базовый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей, основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования	
		Уметь: проводить вычислительные эксперименты, разрабатывать математические модели, алгоритмы численных методов и использовать программные среды для математического	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.

	моделирования, применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели в научных исследованиях	Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать математические модели в научных исследованиях.	
		Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	
	Владеть: навыками обработки информации проведенных экспериментов и анализа полученных данных, основными методами научных исследований, навыками проведения лабораторного эксперимента, статической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач
		Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
Пороговый (базовый) уровень	Владеть статистическими навыками обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.			

Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач	УК 3	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей	
		Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования.	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	
			Повышенный (продвинутый) уровень	грамотно использовать математические модели в научных исследованиях	
			Пороговый (базовый) уровень	решение конкретных практических задач	

		Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	навыками проведения лабораторного эксперимента	
				Пороговый (базовый) уровень	основными методами статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.
Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	УК 6	Знать: текущее положение современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Знать: основные понятия, модели, законы, алгоритмы и теоретические положения из курса «Методы математического моделирования»	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.
			Повышенный (продвинутый) уровень	основные аспекты математического моделирования, классификации математических моделей	

			Пороговый (базовый) уровень	основные методы принятия решений, основные принципы математического моделирования.	
	Уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Высокий (превосходный) уровень	Уметь: применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.	
Повышенный (продвинутый) уровень		Грамотно использовать математические модели в научных исследованиях			
Пороговый (базовый) уровень		Решение конкретных практических задач			
	Владеть: способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений	Высокий (превосходный) уровень	Владеть основными методами научных исследований	Посещение лекций, семинаров, участие в научно-исследовательской деятельности, применение полученных знаний для решения практических задач.	
Повышенный (продвинутый) уровень		навыками проведения лабораторного эксперимента			
Пороговый (базовый) уровень		основными методами статистической обработки экспериментальных данных с помощью современных программных комплексов.			

3. Объём дисциплины и виды учебной работы

3.1. График изучения дисциплины

Вид учебной работы	Часы								
	Всего час/зет	Семестр							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	72/2			72					
<i>Аудиторные занятия</i>	22			22					
Лекции (Л)	10			10					
Практические занятия (ПЗ)	12			12					
<i>Самостоятельная работа</i>	50			50					
<i>Зачет</i>				зач					

3.2. Содержание лекций:

№ темы	Название раздела/темы	Технология проведения	Формируемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоем. (час.)
1	Математическое моделирование: основные понятия. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	УК 3	коллоквиум	1
2	Вариационные принципы построения моделей	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседование	1

3	Модели статических процессов	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	ОПК 1	коллоквиум	1
4	Модели динамических процессов	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	ПК 7	собеседование	1
5	Устойчивость динамических систем	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	УК 1	коллоквиум	1
6	Методы исследования динамических систем	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	УК 3	собеседование	1
7	Модели природно-технических систем	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	ПК 6	коллоквиум	1
8	Модели социально-экономических систем	Чтение лекций, презентации с	ПК 7	собеседование	1

		использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК			
9	Понятие о системах со структурными изменениями.	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	УК 1	коллоквиум	1
10	Адекватность математической модели	Чтение лекций, презентации с использованием мультимедийного оборудования, использование электронных учебников, методических пособий и УМК	УК 6	собеседование	1

3.3. Практические (семинарские) занятия

№ темы	Тематика практических и/или семинарских занятий	Технология проведения	Формируемые компетенции (код)	Форма оценочных средств	Трудоем. (час.)
1	Математическое моделирование: основные понятия. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	УК 3	дискуссия	2
2	Вариационные принципы построения моделей	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	ПК 6	лабораторная работа	1

3	Модели статических процессов	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	ОПК 1	дискуссия	1
4	Модели динамических процессов	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	ПК 7	дискуссия	1
5	Устойчивость динамических систем	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	УК 1	дискуссия	1
6	Методы исследования динамических систем	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	УК 3	лабораторная работа	2
7	Модели природно-технических систем	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	ПК 6	дискуссия	1
8	Модели социально-экономических систем	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	ПК 7	дискуссия	1
9	Понятие о системах со структурными изменениями.	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	УК 1	дискуссия	1
10	Адекватность математической модели	Семинарские занятия, симпозиумы коллоквиумы	УК 6	дискуссия	1

3.4. Содержание дисциплины

Тема 1. Математическое моделирование: основные понятия. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы. Математический и физический маятники. Шарик на пружине. Электрическая цепь. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Кинетика химических реакций. Модели популяционной динамики.

Тема 2. Вариационные принципы построения моделей. Уравнения движения в форме Лагранжа и Гамильтона. Вариационные принципы в механике. Законы сохранения. Описание совокупности частиц с помощью функции распределения. Уравнение Больцмана. Распределение Максвелла.

Тема 3. Модели статических процессов. Регрессионные модели. Планирование эксперимента. Модели равновесия. Модель Леонтьева “затраты-выпуски”.

Тема 4. Модели динамических процессов. Линейные и нелинейные колебания. Уравнение Ван дер Поля. Уравнение Дуффинга. Цепочка Тода. Виброударные системы. Модели небесной механики. Задача N тел. Логистическое уравнение. Модель популяционной динамики Лотки-Вольтерры. Модель Лесли. Моделирование распространения эпидемий. Динамические системы с запаздыванием.

Тема 5. Устойчивость динамических систем. Понятие об устойчивости динамических систем. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Абсолютная устойчивость. Устойчивость по Лагранжу, по Пуассону. Линеаризация системы. Метод функций Ляпунова. Практическая устойчивость.

Тема 6. Методы исследования динамических систем. Поток и каскады. Положения равновесия. Периодические траектории. Отображение Пуанкаре. Гомоклинические и гетероклинические точки. Динамический хаос. Подкова Смейла. Отображение Хенона. Автоморфизмы тора. Отображение Гаусса. Системы с инвариантной мерой. Эргодичность и перемешивание. Бильярдные системы. Понятие о бифуркациях. Структурная устойчивость.

Тема 7. Модели природно-технических систем. Экологические системы. Модель процесса биологической очистки сточных вод активным илом. Модель процесса варки целлюлозы. Модели горения и взрыва. Моделирование динамики химических реакторов. Проблемы моделирования энергетических систем. Модели движения летательных аппаратов.

Тема 8. Модели социально-экономических систем. Равновесие по Вальрасу. Модель распределения инвестиций. Модель Неймана. Динамические модели Солоу, Калдора, Хаавельмо. Экономические циклы. Динамические модели взаимоотношения этносов. Модель динамики молодежной субкультуры. Моделирование исторических процессов.

Тема 9. Понятие о системах со структурными изменениями. Гибридные системы. Устойчивость структуры. Моделирование структурных изменений в эколого-экономической системе. Групповая динамика. Динамические сети. Иерархические системы.

Тема 10. Адекватность математической модели в случае детерминированного и стохастического объектов. Параметрическая идентификация детерминированной математической модели. Параметрическая идентификация стохастической математической модели.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

4.1. Формы проведения самостоятельной работы

Тема дисциплины	Форма самостоятельной работы	Трудоемкость
1. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы	8
	конспектирование материалов, работа со справочной литературой	7

2. Модели статических процессов	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы	7
	выполнение домашних и контрольных работ, расчетно-графических работ с привлечением специальной технической литературы (справочников, нормативных документов и т.п.)	7
	участие в НИР аспирантов	7
3. Модели природно-технических систем. Модели социально-экономических систем	проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы	7
	участие в НИР аспирантов	7
Итого:		50

5. Контроль знаний аспирантов

5.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

1. Коллоквиум.
2. Собеседование.
3. Дискуссия.
4. Лабораторная работа.

5.2. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

5.3. Вопросы для зачета по дисциплине «Методы математического моделирования»:

1. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы: математический и физический маятники, шарик на пружине.
2. Электрическая цепь. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс.
3. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы: электрическая цепь, свободные и вынужденные колебания, резонанс.
4. Модели популяционной динамики. Логистическое уравнение. Модель Лотки-Вольтерры. Модель Лесли.
5. Моделирование распространения эпидемий.
6. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы: уравнения динамики химических реакций.

7. Уравнения движения в форме Лагранжа и Гамильтона.
8. Вариационные принципы в механике. Законы сохранения.
9. Описание совокупности частиц с помощью функции распределения. Уравнение Больцмана. Распределение Максвелла.
10. Модели статических процессов. Модель Леонтьева “затраты-выпуски”.
11. Регрессионные модели.
12. Понятие о планировании эксперимента.
13. Модели равновесия в экономике. Равновесие по Вальрасу.
14. Линейные и нелинейные колебания. Уравнение Ван дер Поля. Уравнение Дуффинга.
15. Виброударные системы.
16. Модели небесной механики. Задача N тел.
17. Динамические системы с запаздыванием.
18. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Абсолютная устойчивость.
19. Линеаризация системы. Метод функций Ляпунова. Практическая устойчивость.
20. Потoki и каскады. Положения равновесия. Периодические траектории. Отображение Пуанкаре.
21. Гомоклинические и гетероклинические точки. Динамический хаос. Подкова Смейла.
22. Отображение Хенона. Автоморфизмы тора.
23. Отображение Гаусса. Системы с инвариантной мерой. Эргодичность и перемешивание.
24. Бильярдные системы.
25. Понятие о бифуркациях. Структурная устойчивость.
26. Модель процесса биологической очистки сточных вод активным илом. Модель процесса варки целлюлозы.
27. Модели горения и взрыва. Моделирование динамики химических реакторов.
28. Проблемы моделирования энергетических систем.
29. Модели движения летательных аппаратов.
30. Модель распределения инвестиций. Модель Неймана.
31. Динамические модели Солоу, Калдора, Хаавельмо. Экономические циклы.
32. Гибридные системы. Устойчивость структуры. Моделирование структурных изменений в эколого-экономической системе.
33. Динамические сети. Иерархические системы.
34. Адекватность математической модели в случае детерминированного и стохастического объектов.
35. Параметрическая идентификация детерминированной математической модели.
36. Параметрическая идентификация стохастической математической модели на примере использования критерия согласия Пирсона.

5.4. Критерии оценки промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине «Методы математического моделирования»

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗАЧЕТА	
«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.

«незачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.
-------------	---

5.5. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Тарасевич, Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование : вводный курс : учебное пособие / Ю. Ю. Тарасевич. - Изд. 5-е. - Москва : URSS, [2012]. - 149 с. : ил. ; 21,5 см. - Библиогр. : с. 149. - ISBN 978-5-397-02519-5
2. Анализ математических моделей Базель II / Ф. Т. Алескеров [и др.]. - Изд. 2-е, испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 295 с. : ил., табл. ; 22 см. - (Анализ и поддержка решений). - На обл. авт. не указаны. - Библиогр. : с. 273 - 284. - ISBN 978-5-9221-1463-9
3. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : учебник / В. С. Зарубин. - 3-е изд. - Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. - 495 с. ; 21,3 см. - (Математика в техническом университете, Вып. 21, (заключительный)). - Библиогр. : с. 402 - 405. - Предм. указ. : с. 406 - 489. - ISBN 978-5-7038-3194-6
4. Анализ математических моделей Базель II / Ф. Т. Алескеров [и др.]. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 286 с. : ил., табл. ; 22,2 см. - (Анализ и поддержка решений). - Библиогр. : с. 265 - 275. - ISBN 978-5-9221-1142-3

Дополнительная литература:

1. Самарский, А.А. Математическое моделирование : Идеи. Методы. Примеры. - 2-е изд. испр. - М. : Физматлит (2001. - 316с. : ил. - Рез.англ. - Библиогр.:с.313-316. - ISBN 5-9221-0120-X
2. Прикладные проблемы управления макросистемами / ред. : Ю. С. Попков, В. А. Путилов. - Москва : URSS, [2010]. - 263 с. : ил., табл. ; 21,5 см. - (Труды Института системного анализа Российской академии наук, Т. 59). - Часть текста англ. - Библиогр. в конце ст.
3. Математические модели и их приложения : сборник научных трудов / Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова ; [редкол. : В. Г. Агаков (гл. ред.) и др.]. - Чебоксары, 2014. - ISBN 978-5-7677-1939-6 Вып. 16. - 207 с. : ил., портр., табл. ; 20 см. - Библиогр. в конце работ
4. Южно-Уральская молодежная школа по математическому моделированию : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, 29-30 мая 2014 г., г. Челябинск / Южно-Уральский государственный университет ; отв. ред. Ю. М. Ковалев. - Челябинск : ЮУрГУ, 2014. - 133, [1] с. : ил., табл. ; 21 см. - Библиогр. в конце докл. - ISBN 978-5-696-04595-5
5. Тененев, В. А. Генетические алгоритмы в моделировании систем / В. А. Тененев, Б. А. Якимович ; Ижев. гос. техн. ун-т. - Ижевск : Издательство ИжГТУ, 2010. - 306 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр. : с. 303 - 306. - ISBN 978-5-7526-0472-0
6. Галкин, В. А. Анализ математических моделей : системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского / В. А. Галкин. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 408 с. : ил. ; 22,2 см. - (Математическое моделирование). - Библиогр. : с. 391 - 408. - ISBN 978-5-94774-901-4

7. Математические модели. Теория и приложения : сборник научных статей / Мат.-мех. фак. С.-Петерб. гос. ун-та, Науч.-исслед. ин-т математики и механики им. В. И. Смирнова ; под ред. М. К. Чиркова, Вып. 9. - Санкт-Петербург, 2008. - 141 с. : табл. ; 20,5 см. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-9651-0314-0
8. Попов, С. В. Логическое моделирование / С. В. Попов. - М. : Тривант, 2006. - 256 с. - Библиогр. : с. 254 - 255. - ISBN 5-89513-049-6
9. Введение в математическое моделирование : учеб. пособие / [Ашихмин В. Н. и др.] ; [под ред. Трусова П. В.]. - М. : Логос, 2005. - 439 с. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр. : с. 431 - 435. - Предм. указ. : с. 436 - 437. - ISBN 5-98704-037-X
10. Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов / Учреждение Рос. акад. наук Вычисл. центр им. А. А. Дородницына РАН ; [отв. ред. Ю. Н. Павловский]. - Москва : Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН, 2009. - 138 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 978-5-91601-019-0

Интернет-ресурсы

программное обеспечение и Интернет-ресурсы <http://tsutmb.ru/>, а также электронные фонды учебно-методической документации для аспирантов:

№п/п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме
1.	www.consultant.ru - официальный сайт компании «Консультант Плюс»	базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
2.	www.garant.ru - сайт информационно-правового портала «Гарант»	базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
5	http://www .biblioclub.ru/	Университетская библиотека Online
6	www.inforeg.ru	Научно-технический центр «Информрегистр»
8	http://www.elibrary.ru	Электронная библиотека
9	http://www.1september.ru	Газета «Информатика» - Ежедневная газета объединения педагогических изданий «1 сентября»
10	http://ndce.edu.ru	Каталог учебников, оборудования, электронных ресурсов для высшего образования
11	http://edu.ru	Федеральный портал «Российское образование»
16	http://window.edu.ru	Портал «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»
19	http://diss.rsl.ru	Электронная библиотека диссертаций РГБ

20	http://school.edu.ru	Российский общеобразовательный портал
21	http://www.infojournal.ru	Журнал «Информатика и образование»
22	http://ndce.edu.ru/	Каталог учебников, оборудования, электронных ресурсов для высшего образования
23	http://biblioclub.ru	база данных электронных книг по образованию «Университетская библиотека online»

7. Перечень программного обеспечения

1. Пакеты обработки и анализа данных.
2. Средства подготовки и просмотра публикаций.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультимедийное оборудование.
2. Проектор.
3. Доступ к интернет-ресурсам.
4. При использовании электронных изданий во время самостоятельной подготовки каждый обучающийся обеспечен рабочим местом выходом в Интернет в соответствии с объемом изучаемых дисциплин и не менее шести часов в неделю.

9. Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

1. Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с: 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 оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А.Климовым от 08.04.2014 г. № АК-44/05 вн)

Приложение №1

СОДЕРЖАНИЕ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1) Коллоквиум

Вопросы к коллоквиуму:

1. Основные определения. Моделирование физическое и математическое.
2. Математический и физический маятники, шарик на пружине.
3. Электрическая цепь. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс.
4. Модели популяционной динамики. Логистическое уравнение. Модель Лотки-Вольтерры.
5. Моделирование распространения эпидемий.
6. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы: уравнения динамики химических реакций.
7. Уравнения движения в форме Лагранжа и Гамильтона.
8. Описание совокупности частиц с помощью функции распределения. Уравнение Больцмана.
9. Распределение Максвелла.
10. Регрессионные модели.
11. Модели равновесия в экономике. Равновесие по Вальрасу. Модель Леонтьева “затраты-выпуски”.
12. выпуски”.
13. Линейные и нелинейные колебания. Уравнение Ван дер Поля.
14. Модели небесной механики. Задача N тел.
15. Динамические системы с запаздыванием.
16. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Абсолютная устойчивость.
17. Устойчивость по Лагранжу, по Пуассону.
19. Линеаризация системы. Метод функций Ляпунова. Практическая устойчивость.
20. Потoki и каскады. Положения равновесия. Периодические траектории. Отображение Пуанкаре.
22. Бильярдные системы.
23. Понятие о бифуркациях. Структурная устойчивость.
24. Модель процесса биологической очистки сточных вод активным илом.
25. 21. Модель распределения инвестиций. Модель Неймана.
26. Динамические модели Солоу, Калдора, Хаавельмо в экономике. Экономические циклы.

Критерии оценки коллоквиума:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
-----------	---

«не зачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.
--------------	---

2) Собеседование

1. Вопросы к собеседованию:

1. Разработка математических моделей на основе законов сохранения, вариационных принципов и аналогий. Модели небесной механики.
2. Модели динамических процессов. Линейные и нелинейные колебания. Уравнение Ван дер Поля.
3. Модель популяционной динамики Лотки-Вольтерры. Устойчивость траекторий. Структурная устойчивость.
4. Модель процесса варки целлюлозы. Параметрическая идентификация. Структурная устойчивость.
5. Проверка адекватности стохастических математических моделей на основе критерия Пирсона.
6. Динамическое моделирование экологического объекта на примере системы биологической очистки сточных вод. Алгоритмы и результаты вычислительного эксперимента.
7. Математическая модель динамики химической реакции. Принципы разработки модели, алгоритмы и ее компьютерная реализация. Вычислительный эксперимент.
8. Параметрическая идентификация математической модели. Принципы разработки алгоритмов идентификации и их компьютерная реализация. Вычислительный эксперимент.

Критерии оценки собеседования:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
«не зачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

3) Дискуссии

Темы для дискуссий:

- Тема 1. Методы построения моделей на основе фундаментальных законов природы. Математический и физический маятники. Шарик на пружине.
- Тема 2. Вариационные принципы построения моделей. Вариационные принципы в механике. Законы сохранения.
- Тема 3. Регрессионные модели. Планирование эксперимента.

Тема 4. Модели динамических процессов. Линейные и нелинейные колебания. Уравнение Ван дер Поля. Уравнение Дуффинга.

Тема 5. Устойчивость динамических систем. Понятие об устойчивости динамических систем. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Абсолютная устойчивость. Устойчивость по Лагранжу, по Пуассону. Практическая устойчивость.

Тема 6. Методы исследования динамических систем. Потоки и каскады. Положения равновесия. Периодические траектории. Отображение Пуанкаре. Динамический хаос. Подкова Смейла. Понятие о бифуркациях. Структурная устойчивость.

Тема 7. Модели природно-технических систем. Моделирование динамики химических реакторов. Проблемы моделирования энергетических систем. Модели движения летательных аппаратов.

Тема 8. Модели социально-экономических систем. Равновесие по Вальрасу. Модель распределения инвестиций. Модель Неймана. Экономические циклы.

Тема 9. Динамические модели взаимоотношения этносов. Модель динамики молодежной субкультуры. Моделирование исторических процессов.

Тема 10. Понятие о системах со структурными изменениями. Гибридные системы. Устойчивость структуры. Моделирование структурных изменений в эколого-экономической системе.

Тема 12. Групповая динамика. Динамические сети. Иерархические системы.

Тема 13. Адекватность математической модели в случае детерминированного и стохастического объектов.

Критерии оценки дискуссий:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
«не зачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.

4)Лабораторные работы:

1. Модель процесса биологической очистки сточных вод активным илом. Принципы разработки модели, алгоритмы и ее компьютерная реализация. Пример вычислительного эксперимента.

2. Модель популяционной динамики Лотки-Вольтерры. Численный анализ периодичности.

3. Бильярдные системы как модели соударений частиц. Моделирование периодических траекторий.

4. Параметрическая идентификация математической модели. Принципы разработки алгоритмов идентификации и их компьютерная реализация. Пример вычислительного эксперимента.

5. Проверка адекватности стохастических математических моделей и алгоритмов на основе критерия Пирсона.

Критерии оценки лабораторных работ:

«зачтено»	Ставится, если аспирант строит ответ логично в соответствии с планом, обнаруживает глубокое знание теоретических вопросов. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы. При ответе грамотно использует научную лексику. Аспирант успешно справляется с практическим заданием.
«незачтено»	Ставится если, аспирант оказывается неспособным правильно раскрыть содержание основных понятий и теорий. Проявляет стремление подменить научное обоснование проблемы рассуждением бытового плана. Ответ содержит ряд серьезных неточностей. Преобладает бытовая лексика. Аспирант не способен выполнить практическое задание.