

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПМИ
д.т.н. Тимофеев В. С.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Методы моделирования

Образовательная программа: 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль:
Компьютерное моделирование и информационные технологии

Курс: 3, семестр : 6

Факультет прикладной математики и информатики,

		Семестр
№	Вид деятельности	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	42
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	7
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	4
10	Самостоятельная работа, час.	30
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	ДЗ

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

ФГОС введен в действие приказом №228 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 14.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПМт, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета прикладной математики и информатики, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.ф-м.н. Бердников В. С.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Соловейчик Ю. Г.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Соловейчик Ю. Г.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь анализировать математические модели
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат; в части следующих результатов обучения:
з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов
у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натурных экспериментов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
---	---------------------------

Методы моделирования

ПК.2.з1 знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов	
1. О математических и физических моделях различного уровня и назначений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2. О физических предпосылках и о законах сохранения, лежащих в основе выводов уравнений математической физики	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3. О физико-математических основах теории устойчивости решений дифференциальных уравнений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4. О математическом аппарате, применяемом для моделирования малоразмерных динамических систем	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5. О методах анализа стохастического поведения нелинейных диссипативных динамических систем	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.2.у2 уметь применять основные математические методы при построении моделей	
6. Теорию линейных и нелинейных собственных и вынужденных колебаний как основу описания поведения возмущений в вязкой теплопроводной жидкости	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7. Основные типы и физический смысл особых точек при качественном анализе решений дифференциальных уравнений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8. Основы гидродинамики и теории процессов переноса, системы уравнений вязкой теплопроводной жидкости и приемы анализа устойчивости их простейших решений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.3.у1 уметь анализировать математические модели	
9. Численно моделировать линейные и нелинейные собственные колебания в консервативных и диссипативных системах с одной степенью свободы	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
10. Численно моделировать линейные и нелинейные вынужденные колебания в консервативных и диссипативных системах с одной степенью свободы	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11. Численно моделировать колебания в диссипативных системах нелинейно связанных трех осцилляторов (с нелинейностью гидродинамического типа)	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
12. Анализировать результаты численного моделирования и определять границы применимости полученных решений	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

ПК.3.y1 уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натуральных экспериментов

13. Моделирования поведения детерминированных и стохастических малоразмерных динамических систем	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
--	--

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Основные понятия теории моделирования				
1. Процессы самоорганизации, устойчивость, ламинарно-турбулентный переход, переход к хаосу в природных и техногенных системах (на примере физики атмосферы и океана, геодинамики, современных технологических процессов и их численных и физических моделей лабораторных масштабов). Физические основы современной теории моделирования разномасштабных термогидродинамических систем. Роль и место теории колебаний и волн в исследованиях эволюции нелинейных диссипативных динамических систем.	0	2	12	
Дидактическая единица: Физические основы теории устойчивости и бифуркаций				

2. Консервативные системы. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Линейность и принцип суперпозиции. Собственные колебания нелинейного осциллятора, осциллятор с вынуждающей силой. Описание движения в фазовом пространстве. Изображения колебаний. Фазовые траектории и фазовый портрет. Простейшие аттракторы. Энергетические диаграммы. Вынужденные колебания. колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные колебания. Диссипативные системы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс Ангармонические колебания. Резонанс в нелинейных колебаниях. Движение в быстро осциллирующем поле. Автоколебания. Периодические возмущения в линейных системах. Связанные колебания недемпфированного осциллятора. Вынужденные колебания связанных осцилляторов.	1	6	1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	
Дидактическая единица: Основные понятия и сведения, необходимые для анализа изолированных и открытых систем, постановки задач механики сплошных сред и теории процессов переноса				

3. Термодинамическая система, параметры и равновесие. Равновесные состояния и равновесные процессы. Температура. Внутренняя энергия системы. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнения состояния. Локальное равновесие. Уравнения баланса и законы сохранения. Диффузионные процессы. Основные способы переноса теплоты. Теплопроводность. Поле температуры. Тепловой поток, закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Конвективный теплообмен в однородной среде. Основные понятия и определения. Физические свойства жидкости и газа. Уравнение энергии. Уравнения движения. Уравнение сплошности (неразрывности или сохранения массы). Уравнения термогравитационной конвекции. Условия однозначности.	0	3	12, 13	
Дидактическая единица: Основные понятия теории подобия, метода аналогий и моделирования процессов переноса				
4. Метод масштабных преобразований. Безразмерные переменные и уравнения подобия. Условия подобия физических процессов. Следствия условий подобия. Моделирование процессов конвективного теплообмена	0	2	12, 13	
Дидактическая единица: Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца				

5. Подогреваемый снизу горизонтальный слой, механическое равновесие в неустойчиво стратифицированных жидкостях. Основы метода малых колебаний. Нормальные колебания. Форма возмущающего движения, устойчивость, задача Рэлея. Критические градиенты температуры и движения, влияние формы и размеров полости. Конвекция Рэлея-Бенара. Пространственные диссипативные структуры. Роль диссипативных процессов в явлениях самоорганизации, появлении неупорядоченности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Представление об устойчивости ламинарного потока и процессах ламинарно-турбулентного перехода. Введение в теорию бифуркаций. Основные закономерности ламинарно-турбулентного перехода, влияние относительных размеров полостей и числа Прандтля. Модель Лоренца, ее физическая интерпретация и основные свойства. Диссипация и аттракторы. Явления притяжения, следствия из сокращения площадей. Аперiodические аттракторы и их свойства. Характеристики хаотического режима. Странные аттракторы и измерения их размерности.	0	5	11, 12, 13	
---	---	---	------------	--

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Физические основы теории устойчивости и бифуркаций				

1. Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в консервативной системе.	1	4	13, 2, 3, 4, 6, 7, 9	Студент: 1) Выбирает метод решения уравнений и язык программирования, создает и отлаживает программу решения задачи. 2) Изучает линейные собственные колебания с одной степенью свободы. 3) Изучает нелинейные собственные колебания с одной степенью свободы (по одному из 4-х вариантов нелинейной возвращающей силы). 4) Изучает зависимости координат и скорости материальной точки, потенциальной и кинетической энергий от времени. 5) Изучает фазовые портреты в диапазоне начальных отклонений от положения равновесия, соответствующих переходу от изохронных колебаний до сепаратрисы и ротора. 6) Определяет зависимость периода колебаний от начального отклонения. 7) Выполняет качественный анализ полученных результатов.
2. Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в диссипативной системе	1	4	11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	Студент: 1) Изучает линейные затухающие собственные колебания с одной степенью свободы. 2) Изучает нелинейные затухающие собственные колебания с одной степенью свободы (по одному из 4-х вариантов нелинейной возвращающей силы). 3) Изучает зависимости координат и скорости материальной точки, потенциальной и кинетической энергий от времени. 4) Изучает фазовые портреты в диапазоне параметров, соответствующих особым точкам типа устойчивый фокус и узел. 5) Выполняет качественный анализ полученных результатов.

3. Численное моделирование вынужденных колебаний в диссипативной системе.	2	4	10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9	Студент: 1) Изучает вынужденные колебания с одной степенью свободы. 2) Изучает вынужденные колебания с одной степенью свободы (по одному из 80-ти вариантов нелинейной возвращающей силы). 3) Изучает зависимости координат и скорости материальной точки, потенциальной и кинетической энергий от времени. 4) Изучает фазовые портреты в диапазоне параметров, соответствующих особым точкам типа устойчивый фокус и узел для случая собственных колебаний. 5) Строит резонансную кривую в линейном и нелинейном случае. 6) Выполняет качественный анализ полученных результатов.
---	---	---	-------------------------------------	--

Дидактическая единица: Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца

4. Система Лоренца	2	6	1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Студент: 1) Изучает поведение системы для классического набора параметров в диапазоне приведенного числа Рэлея от механического равновесия до появления странного аттрактора, используя построения трехмерного фазового портрета, проекции на различные плоскости, сечения Пуанкаре, определяя фрактальную размерность и показатели Ляпунова. 2) Определяет критические числа Рэлея, соответствующие переходу от термодинамической ветви к конвективному течению и к хаотическому поведению системы. 3) Строит спектр и автокорреляцию. 4) Выполняет подобный анализ для подобной системы с параметрами по одному из 50-ти вариантов.
--------------------	---	---	---	---

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				

1	РГЗ	1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	2
Цель задания: приобретение навыков применения математического моделирования в исследовании физических процессов; приобретение навыков описания задач естествознания на языке математического моделирования; понимание основ построения обобщенных уравнений гидромеханики; пользуясь готовой программой, на качественном уровне изучить эволюцию полей изолиний функции тока, вихря скорости и изотерм с ростом числа Рэлея (или числа Грасгофа при заданном значении числа Прандтля Pr) в зависимости от геометрии, направления градиента температуры, числа Прандтля и граничных условий (все стенки области жесткие или свободные - без трения, или комбинация жестких и свободных границ).: Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774				
2	Зачет	1, 10, 11, 12, 13, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	2
Зачет проходит в устной форме. Зачет состоит из ответов на вопросы по самостоятельно полученным результатам численного моделирования и по курсу лекций. Студент получает допуск к зачету, если показывает знание и умение использовать лекционный теоретический материал при защите лабораторных работ и выполнил все виды работ и набрал при этом минимальное количество баллов: Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Дискуссия	ПК.2;
Формируемые умения: з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов		
Краткое описание применения: Разбор возникающих вопросов в ходе работы		
Подробная информация об использовании технологии приводится в "Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774"		
2	Лекция в форме дискуссии	ПК.2;
Формируемые умения: з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов; у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей		
Краткое описание применения: Разбор возникающих вопросов в ходе лекций		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		
Лабораторная №2: Лабораторная работа №1	6	10
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774 "		
Лабораторная №2: Лабораторная работа №2	6	10
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774 "		
Лабораторная №2: Лабораторная работа №3	8	15
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774 "		
Лабораторная №2: Лабораторная работа №4	10	18
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774 "		
РГЗ:	10	27
Зачет:	10	20
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
ОПК.3	у1. уметь анализировать математические модели	+	+
ПК.2	з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов	+	+
	у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	+	+
ПК.3	у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натурных экспериментов	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Бондарев Б. В. Курс общей физики : [учебное пособие для вузов] / Б. В. Бондарев, Г. Г. Спирин. - М., 2005. - 559, [1] с. : ил.
2. Черняк В. Г. Механика сплошных сред : [учебное пособие для вузов по направлению "Физика"] / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин. - М., 2006. - 352 с. : ил.

3. Сарина М. П. Колебания, волны, оптика. Ч. 1 : учебное пособие / М. П. Сарина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 98, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000184890

Дополнительная литература

1. Дмитриева В. Ф. Основы физики : учебное пособие для вузов / В. Ф. Дмитриева, В. Л. Прокофьев. - М., 2003. - 526, [1] с. : ил.
2. Корнилович А. А. Физика в примерах : [учебник] / А. А. Корнилович. - Новосибирск, 2003. - 279 с. : ил.
3. Андреев В. С. Теория нелинейных электрических цепей : учебное пособие для электротехн. ин-тов связи спец. "Многоканал. электросвязь", "Автомат. электросвязь", "Радиосвязь и радиовещание". - М., 1972. - 326, [2] с. : схемы, граф.
4. Крауфорд Ф. Волны : Пер. с англ. / Ф. Крауфорд; Пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - М., 1976. - 527 с.
5. Андронов А. А. Теория колебаний / А. А. Андронов, А. А. Витт, С. Э. Хайкин ; перераб. и доп. Н. А. Железцова. - М., 1959. - 915, [1] с.
6. Моисеев Н. Н. Асимптотические методы нелинейной механики : [учебное пособие для университетов] / Н. Н. Моисеев. - М., 1981. - 400 с. : ил.
7. Исаченко В. П. Теплопередача : учебник для теплоэнерг. вузов / Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. - М., 1981. - 416, [1] с. : ил., схемы, граф.
8. Крейт Ф. Основы теплопередачи / Ф. Крейт, У. Блэк ; пер. с англ. под ред. Н. А. Анфимова. - М., 1983. - 512 с. : ил., табл.
9. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / пер. с нем. Г. А. Вольперта под ред. В. С. Авдуевского, В. Я. Лихушина. - М., 1956. - 528 с. : ил.
10. Монин А. С. Статистическая гидромеханика. Механика турбулентности. Ч. 1 / А. С. Монин, А. М. Яглом. - М., 1965. - 639 с. : ил.
11. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика : учебное пособие для физ. спец. ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1986. - 736 с. : ил.
12. Шустер Г. Г. Детерминированный хаос : Введение / Г. Г. Шустер ; пер. с англ. Ф. М. Израйлева, М. И. Малкина, А. М. Реймана, под ред. А. В. Гапонова-Грехова, М. И. Рабиновича. - М., 1988. - 240 с. : ил., табл., граф., фот.
13. Магнус К. Колебания : введение в исследование колебательных систем / К. Магнус ; пер. с нем. В. И. Сидорова, В. В. Филатова ; под ред. В. Д. Смирнова ; предисл. А. Ю. Ишлинского. - М., 1982. - 303 с. : ил.
14. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т. Т. 1. Механика : учебное пособие для физических специальностей университетов / с Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2002. - 222 с. : ил.
15. Самарский А. А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. - М., 2005. - 316, [4] с.
16. Кузнецов С. П. Динамический хаос : курс лекций [для вузов] / С. П. Кузнецов. - М., 2006. - 355 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Методы моделирования : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФПМИ дневного отделения по направлению 010400.62 - "Прикладная математика и информатика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. С. Бердников, А. В. Митина]. - Новосибирск, 2013. - 49, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179774
2. Бердников В. С. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. С. Бердников, А. В. Митина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000161941. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Visual Studio 2010
- 2 Office XP
- 3 Adobe Acrobat
- 4 Maple 11
- 5 Surfer 8.0 Win CD

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПМИ
д.т.н., доцент В.С. Тимофеев
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы моделирования

Образовательная программа: 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль:
Компьютерное моделирование и информационные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Методы моделирования приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	у1. уметь анализировать математические модели	Дидактическая единица:2 Физические основы теории устойчивости и бифуркаций 2.1 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в консервативной системе. 2.2 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в диссипативной системе 2.3 Численное моделирование вынужденных колебаний в диссипативной системе. Дидактическая единица:5 Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца 5.4 Система Лоренца	Отчет по РГЗ	Зачет, вопросы (1,2,3,4,5)
ПК.2/НИ способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов	Дидактическая единица:1 Основные понятия теории моделирования 1.1 Процессы самоорганизации, устойчивость, ламинарно-турбулентный переход, переход к хаосу в природных и техногенных системах (на примере физики атмосферы и океана, геодинамики, современных технологических процессов и их численных и физических моделей лабораторных масштабов). Физические основы современной теории моделирования разномасштабных термогидродинамических систем. Роль и место теории колебаний и волн в исследованиях эволюции нелинейных диссипативных динамических систем. Дидактическая единица:2 Физические основы теории устойчивости и бифуркаций	Отчет по РГЗ	Зачет, вопросы (3,4,5)

		2.1 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в консервативной системе. 2.2 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в диссипативной системе 2.3 Численное моделирование вынужденных колебаний в диссипативной системе. Дидактическая единица:5 Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца 5.4 Система Лоренца 5.5 Подогреваемый снизу горизонтальный слой, механическое равновесие в неустойчиво стратифицированных жидкостях. Основы метода малых колебаний. Нормальные колебания. Форма возмущающего движения, устойчивость, задача Рэлея. Критические градиенты температуры и движения, влияние формы и размеров полости. Конвекция Рэлея-Бенара. Пространственные диссипативные структуры. Роль диссипативных процессов в явлениях самоорганизации, появлении неупорядоченности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Представление об устойчивости ламинарного потока и процессах ламинарно-турбулентного перехода. Введение в теорию бифуркаций. Основные закономерности ламинарно-турбулентного перехода, влияние относительных размеров полостей и числа Прандтля. Модель Лоренца, ее физическая интерпретация и основные свойства. Диссипация и аттракторы. Явления притяжения, следствия из сокращения площадей. Аperiodические аттракторы и их свойства. Характеристики хаотического режима. Странные аттракторы и измерения их размерности.		
ПК.2/НИ	у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Дидактическая единица:2 Физические основы теории устойчивости и бифуркаций 2.1 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в консервативной системе. 2.2 Численное моделирование	Отчет по РГЗ	Зачет, вопросы (1,2,3,4,5)

		собственных линейных и нелинейных колебаний в диссипативной системе 2.3 Численное моделирование вынужденных колебаний в диссипативной системе. Дидактическая единица:3 Основные понятия и сведения, необходимые для анализа изолированных и открытых систем, постановки задач механики сплошных сред и теории процессов переноса 3.3 Термодинамическая система, параметры и равновесие. Равновесные состояния и равновесные процессы. Температура. Внутренняя энергия системы. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнения состояния. Локальное равновесие. Уравнения баланса и законы сохранения. Диффузионные процессы. Основные способы переноса теплоты. Теплопроводность. Поле температуры. Тепловой поток, закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Конвективный теплообмен в однородной среде. Основные понятия и определения. Физические свойства жидкости и газа. Уравнение энергии. Уравнения движения. Уравнение сплошности (неразрывности или сохранения массы). Уравнения термогравитационной конвекции. Условия однозначности. Дидактическая единица:5 Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца 5.4 Система Лоренца 5.5 Подогреваемый снизу горизонтальный слой, механическое равновесие в неустойчиво стратифицированных жидкостях. Основы метода малых колебаний. Нормальные колебания. Форма возмущающего движения, устойчивость, задача Рэлея. Критические градиенты температуры и движения, влияние формы и размеров полости. Конвекция Рэлея-Бенара. Пространственные диссипативные структуры.		
--	--	--	--	--

		Роль диссипативных процессов в явлениях самоорганизации, появлении неупорядоченности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Представление об устойчивости ламинарного потока и процессах ламинарно-турбулентного перехода. Введение в теорию бифуркаций. Основные закономерности ламинарно-турбулентного перехода, влияние относительных размеров полостей и числа Прандтля. Модель Лоренца, ее физическая интерпретация и основные свойства. Диссипация и аттракторы. Явления притяжения, следствия из сокращения площадей. Аperiodические аттракторы и их свойства. Характеристики хаотического режима. Странные аттракторы и измерения их размерности.		
ПК.3/НИ способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натурных экспериментов	Дидактическая единица:2 Физические основы теории устойчивости и бифуркаций 2.1 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в консервативной системе. 2.2 Численное моделирование собственных линейных и нелинейных колебаний в диссипативной системе 2.3 Численное моделирование вынужденных колебаний в диссипативной системе. Дидактическая единица:5 Термогравитационная конвекция в плоских горизонтальных слоях. Система Лоренца 5.4 Система Лоренца 5.5 Подогреваемый снизу горизонтальный слой, механическое равновесие в неустойчиво стратифицированных жидкостях. Основы метода малых колебаний. Нормальные колебания. Форма возмущающего движения, устойчивость, задача Рэлея. Критические градиенты температуры и движения, влияние формы и размеров полости. Конвекция Рэлея-Бенара. Пространственные диссипативные структуры. Роль диссипативных процессов в явлениях самоорганизации, появлении неупорядоченности. Гидродинамический и	Отчет по РГЗ	Зачет, вопросы (1,2,3,4,5)

		тепловой пограничные слои. Представление об устойчивости ламинарного потока и процессах ламинарно-турбулентного перехода. Введение в теорию бифуркаций. Основные закономерности ламинарно-турбулентного перехода, влияние относительных размеров полостей и числа Прандтля. Модель Лоренца, ее физическая интерпретация и основные свойства. Диссипация и аттракторы. Явления притяжения, следствия из сокращения площадей. Аperiodические аттракторы и их свойства. Характеристики хаотического режима. Странные аттракторы и измерения их размерности.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме дифференцированного зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое

содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Методы моделирования», 6 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: пять вопросов выбираются из различных модулей комплекта заданий для зачета (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № 10

к зачету по дисциплине «Методы моделирования»

1. Вопрос 1. Нелинейные колебания.
2. Вопрос 2. Влияние диссипации на колебания и возмущения. Типы затухающих колебаний.
3. Вопрос 3. Методы численного моделирования линейных собственных колебаний в диссипативной системе.
4. Вопрос 4. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнение состояния.
5. Вопрос 5. Нелинейные волны.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО

(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

1. Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0-9 баллов.
2. Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент провел численное моделирование математически и физически адекватно поставленной задачи и ответы на вопросы правильные, но не полные, оценка составляет 10-14 баллов.
3. Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент провел численное моделирование и выполнил РГР физически правильно, и ответы на теоретические вопросы полные и правильные, оценка составляет 15-17 баллов.

4. Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент выполнил все задания правильно и полностью. При этом при численном моделировании получил физически оправданные результаты и ответил на теоретические вопросы по курсу лекций, оценка составляет 18-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Методы моделирования»

Модуль 1

1. Математические модели физических процессов линейные и нелинейные колебательные системы, автоколебательные системы, термодинамические системы, процессы конвективного теплообмена, термогравитационная конвекция.
2. Колебательная система, возникающая при действии упругой силы. Примеры.
3. Математический маятник.
4. Электрический колебательный контур.
5. Линейный осциллятор. Собственные и вынужденные колебания.
6. Аналитическое решение, соответствующее собственным и вынужденным колебаниям.
7. Гармонические, субгармонические и ультрагармонические колебания.
8. Нелинейные колебания.
9. Аналитические методы построения решения осцилляторов с квадратичной и кубической нелинейностью.
10. Методы построения численного решения для колебательных систем.
11. Численные и физические модели на примере физики атмосферы и океана.
12. Примеры термогидродинамических систем.

Модуль 2

13. Физические основы линейной теории устойчивости.
14. Консервативные системы.
15. Собственные колебания системы. Амплитуда и частота собственных колебаний.
16. Вынужденные колебания. Затухающие колебания. Принцип суперпозиции колебаний.
17. Консервативные и диссипативные системы. Закон сохранения энергии.
18. Интерпретация понятия «собственные колебания системы». Изохронные колебания.
19. Влияние диссипации на колебания и возмущения. Типы затухающих колебаний.
20. Вынужденные колебания. Резонанс. Физические условия возникновения.
21. Резонанс в нелинейных колебаниях. Субгармонический и параметрический резонанс.
22. Периодические возмущения в линейных системах.
23. Фазовая плоскость. Типы особых точек на фазовой плоскости. Предельный цикл. Сепаратриса.
24. Превращения энергии при колебаниях. Потенциальная яма, правила её построения.
25. Потенциальная яма и области проявления линейных и нелинейных свойств систем.
26. Автоколебательные системы. Примеры.
27. Автоколебания с сухим трением. Автоколебания с положительным коэффициентом трения. Траектории движения на фазовой плоскости.
28. Принцип наложения для линейных систем. Сравнение с нелинейными системами.
29. Квазипериодическое движение, его фазовый портрет, амплитудно-частотные характеристики, спектры.

30. Физическое содержание понятий — спектр и автокорреляция.

Модуль 3

1. Методы численного моделирования линейных собственных колебаний в консервативной системе.
2. Методы численного моделирования нелинейных собственных колебаний в консервативной системе.
3. Методы численного моделирования линейных собственных колебаний в диссипативной системе.
4. Методы численного моделирования нелинейных собственных колебаний в диссипативной системе.

Модуль 4

5. Термодинамическая система, её параметры и условия равновесия. Равновесные состояния и равновесные процессы.
6. Внутренняя энергия термодинамической системы.
7. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнение состояния.
8. Уравнения баланса и законы сохранения в термодинамической системе.
9. Диффузионные процессы. Основные способы переноса теплоты.
10. Поле температуры. Тепловой поток. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
11. Динамические системы.
12. Стационарное состояние динамической системы.
13. Устойчивые и неустойчивые движения (по Ляпунову) в динамических системах.

Модуль 5

14. Конвективный теплообмен в однородной среде. Основные понятия и определения.
15. Физические свойства жидкости и газа.
16. Концепция сплошной среды.
17. Уравнение энергии.
18. Определяющие соотношения ньютоновских жидкостей.
19. Идеальный (совершенный) газ.
20. Уравнение движения.
21. Гравитационные волны.
22. Нелинейные волны.
23. Уравнения термогравитационной конвекции.
24. Взаимосвязь законов сохранения и системы уравнений гидродинамики.
25. Граничные условия для течений термогравитационной природы.
26. Понятие — механическое равновесие. Основные закономерности перехода от режима теплопроводности к конвекции, влияние относительных размеров слоя и числа Прандтля.
27. Понятия устойчивости ламинарного потока и процессы ламинарно-турбулентного перехода.
28. Нейтральная кривая. Нормальные колебания.
29. Рэлея-Бенаровская конвекция.
30. Основные параметры подобия и их физическая интерпретация. Числа Прандтля и Рэлея.
31. Притягивающие множества. Аттракторы.
32. Модель Лоренца, её физическая интерпретация и основные свойства.
33. Понятие — динамический хаос.
34. Характеристики хаотического режима, свойства апериодических аттракторов.
35. Странные аттракторы.
36. Сечение Пуанкаре. Отличие периодических процессов от хаотических.
37. Фрактальная размерность. Измерения размерности странных аттракторов.
38. Показатель Ляпунова, его физическая интерпретация и процедура определения.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Методы моделирования», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать структуру течения и теплоперенос в неоднородно нагретой прямоугольной области при нагреве снизу. Характеристики системы для каждого студента выдаются индивидуально.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны приобрести навыки применения математического моделирования в исследовании физических процессов; приобрести навыки описания задач естествознания на языке математического моделирования; понимать методики построения моделей гидромеханики; пользуясь готовой программой, на качественном уровне изучить эволюцию полей изолиний функции тока, вихря скорости и изотерм с ростом числа Рэлея (или числа Грасгофа при заданном значении числа Прандтля Pr) в зависимости от геометрии, направления градиента температуры, числа Прандтля и граничных условий (все стенки области жесткие или свободные — без трения, или комбинация жестких и свободных границ).

Обязательные структурные части РГЗ(Р).

1. Полная система уравнений для термогравитационной конвекции (ТГК).
2. Система уравнений для ТГК в переменных температура, вихрь, функция тока.
3. Выбор масштабов зависимых переменных и приведение полученной системы уравнений к безразмерному виду.
4. Математическая постановка задачи стационарного теплообмена в прямоугольной полости при равномерном нагреве снизу и охлаждении сверху. Т.е. ввести начальные и граничные условия для конкретного варианта решаемой краевой задачи.
5. Результаты проведенных численных экспериментов с дискретным набором чисел Прандтля, чисел Рэлея, отношений размеров области L/H , постановки условий или прилипания или проскальзывания на жестких стенках; при наличии в постановке задачи верхней свободной границы поставить условие отсутствия трения на свободных границах.
6. Анализ результатов вычислительных экспериментов, выводы.

Оцениваемые позиции: наличие всех структурных частей РГЗ(Р); защита РГЗ(Р) состоит в ответе на вопросы по каждому пункту отчета; выполнение расчетно-графического задания в срок установленный графиком и оформление отчета по работе в соответствии с требованиями.

2. Критерии оценки

1. Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ результатов проведенных численных исследований, оценка составляет 0-9 баллов.
2. Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов, оценка составляет 10-19 баллов

3. Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов и грамотно ответил на 50% вопросов на защите, оценка варьируется от 20 до 24 баллов в зависимости от ответов на вопросы преподавателя.
4. Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов и грамотно ответил на все вопросы на защите, оценка составляет 25-27 баллов

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать структуру течения и теплоперенос в неоднородно нагретой прямоугольной области при нагреве снизу или сбоку. Характеристики системы и диапазоны параметров, таких как числа Прандтля, Грасгофа (или числа Релея), относительные размеры расчетной области, угол наклона полости относительно горизонтали для каждого студента выдаются индивидуально.

Пример задания. Исследовать структуру течения и локальные тепловые потоки на горизонтальных стенках при числе Прандтля 0,05 и числах Релея от 2000 до 5000. Исследовать влияние относительного размера $L/H=5$ и $L/H=2$, где L – длина полости, H – высота слоя жидкости. Дать качественное объяснение полученным результатам.