

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Современные средства математического моделирования Б3.ДВ.3

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Численные методы

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Абдюшева Г.Р.

**Рецензент(ы):**

Тимербаев М.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 963014

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Абдюшева Г.Р. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики ,  
Guzel.Abdusheva@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

После изучения курса дисциплины студент должен овладеть необходимыми навыками построения математических моделей задач биомеханики, а также навыкам машинного моделирования волновых процессов в возбудимых средах.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе в 7 семестре для студентов обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин "Уравнения математической физики", "Численные методы".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным, профессиональным, социальным и этическим проблемам
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

о методах численного решения подобных задач.

2. должен уметь:

анализировать и интерпретировать полученные численные результаты.

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о типичных математических моделях нелинейной динамики, возникающих при описании физических, химических, биохимических, биологических и экологических систем.

4. должен демонстрировать способность и готовность:  
приобрести навыки конструирования и программирования численных методов поставленных задач.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.	7		0	3	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.	7		0	3	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.	7		0	3	0	дискуссия контрольная работа
4.	Тема 4. Химические и биохимические системы. Реакции, детерминированные процессы без диффузии. Реакция и диффузия. Химические цепи.	7		0	3	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.	7		0	3	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.	7		0	3	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.	7		0	3	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.	7		0	3	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов.	7		0	3	0	домашнее задание
10.	Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.	7		0	3	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Численные методы решения задач с препятствием.	7		0	3	0	домашнее задание
12.	Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.	7		0	3	0	контрольная работа дискуссия
13.	Тема 13. Итоговая форма контроля	7		0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			0	36	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Математическая модель движения маятника вблизи положения равновесия. Устойчивое и неустойчивое положения равновесия, бифуркации Программирование модели маятника в Матлаб. Представление входных и выходных данных. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели. Анализ результатов

**Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Примеры дискретных моделей. Клеточные автоматы. Игра "Жизнь" Конвея. Нейронные сети. Модель Винера-Розенблюта. Модель Ва-Тор. Компьютерное моделирование дискретных систем в Матлаб. Программирование клеточных автоматов.

**Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Эволюционные процессы в физике: теплопроводность, диффузия. Колебательные процессы: колебания струны, мембраны. Программирование математической модели проводимости тепла в стержне в системе Матлаб. Представление входных и выходных данных. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели теплопроводности. Анализ результатов.

**Тема 4. Химические и биохимические системы. Реакции, детерминированные процессы без диффузии. Реакция и диффузия. Химические цепи.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Математическая модель распределенной системы. Процессы самоорганизации, возникновение волн и структур. Программирование в Матлаб базовой нелинейной модели с двумя переменными. Программирование брюсселятора. Численный метод решения. Численные эксперименты с различными параметрами математической модели. Анализ результатов.

**Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Модель Мальтуса. Логистическое уравнение динамики биологической популяции. Модель Вольтерра. Межвидовая конкуренция. Программирование в Матлаб модели Вольтерра.

**Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Системы дифференциальных уравнений с частными производными. Обзор численных методов решения. Дискретизация задачи колебания струны.

**Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Обзор итерационных методов решения систем нелинейных уравнений. Общие подходы и идеи. Программирование в Матлаб итерационных методов простой итерации, метода Ньютона и его различных модификаций. Численные эксперименты.

**Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.**

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Метод Эйлера решения задачи Коши. Экстраполяция Ричардсона для повышения точности приближенного решения задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Программирование в Матлаб методов Рунге-Кутты. Адаптивный выбор шага в методе Рунге-Кутты. Численные эксперименты. Анализ результатов.



### **Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией.**

#### **Метод конечных элементов.**

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Метод конечных элементов решения эллиптических краевых задач. Программирование в Матлаб метода конечных элементов. Использование пакета PDEToolbox.

### **Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.**

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Метод конечных элементов численного решения нелинейных нестационарных задач краевых задач. Программирование в Матлаб метода конечных элементов для начально-краевой задачи. Использование пакета PDEToolbox. Численные эксперименты. Анализ результатов.

### **Тема 11. Численные методы решения задач с препятствием.**

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Численные методы решения интегральных уравнений. Метод механических квадратур. Метод граничных элементов. Программирование в Маталаб численного решения интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода методом механических квадратур. Численные эксперименты. Анализ результатов. Сравнение с методом конечных элементов.

### **Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.**

#### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Одновременная дискретизация решения и его частных производных, смешанные методы конечных элементов. Программирование в Матлаб смешанного метода конечных элементов для задачи об изгибе балки.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

<b>N</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
1.	Тема 1. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
2.	Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.	7		Домашняя работа	1	Домашняя работа
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
4.	Тема 4. Химические и биохимические системы. Реакции, детерминированные процессы без диффузии. Реакция и диффузия. Химические цепи.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
5.	Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
6.	Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
7.	Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
9.	Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
10.	Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
11.	Тема 11. Численные методы решения задач с препятствием.	7		Домашняя работа	3	Домашняя работа
12.	Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.	7		Домашняя работа	1	Домашняя работа
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме практических занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Динамика нелинейных процессов. Основные понятия. Обзор моделей. Фазовое пространство. Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Линейная и нелинейная математические модели движения маятника вблизи положения равновесия. Потеря устойчивости, бифуркации.

### **Тема 2. Дискретные модели. Регулярное и хаотическое поведение системы. Фрактальные множества и странные аттракторы. Компьютерное моделирование дискретных систем.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Клеточные автоматы. Нейронные сети. Простейшие примеры.

### **Тема 3. Модели нелинейной динамики в физике. Теплопроводность, диффузия, колебательные процессы. Консервативные и диссипативные процессы. Системы с хаотическими режимами. Пример: модель Лоренца.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Задача теплопроводности в стержне. Колебания струны.

контрольная работа , примерные вопросы:

Для заданной базовой нелинейной модели с двумя переменными провести качественный анализ поведения системы. Определить положения равновесия и их характер (устойчивое или неустойчивое).

### **Тема 4. Химические и биохимические системы. Реакции, детерминированные процессы без диффузии. Реакция и диффузия. Химические цепи.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Базовая модель: брюсселятор. Возникновение временных и пространственных структур.

### **Тема 5. Биологические и экологические системы. Динамика популяций. Устойчивые и неустойчивые биологические сообщества. Нелинейные волны в диссипативных структурах. Катастрофы в экологии.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Логистическая модель динамики популяции. Модель Лоттки-Вольтерра.

### **Тема 6. Численные методы для непрерывных моделей нелинейной динамики.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Метод Эйлера интегрирования системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Экстраполяция Рундсона.

### **Тема 7. Итерационные методы решения нелинейных систем. Методы простой итерации, релаксации, Ньютона. Модификации. Оценки скорости сходимости итераций.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Данную систему нелинейных уравнений решить численно методом сжатых отображений.

### **Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Погрешности аппроксимаций. Мягкие и жесткие системы. Методы решения сингулярно возмущенных задач. Кинетическая модель ферментной реакции с малым параметром.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Численная реализация в двухэтапного метода Рунге-Кутты 2-го порядка аппроксимации.

### **Тема 9. Нелинейные стационарные задачи с диффузией, конвекцией и реакцией. Метод конечных элементов.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Программирование метода конечных элементов для двухточечной краевой задачи.

## **Тема 10. Численные методы решения нелинейных нестационарных задач с диффузией, конвекцией и реакцией. Колебательные процессы и волны.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Программирование в Матлаб метода конечных элементов для пространственно одномерных нестационарных задач.

## **Тема 11. Численные методы решения задач с препятствием.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Программирование метода механических квадратур для интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода на отрезке.

## **Тема 12. Численные методы решения задач теории упругости. Смешанные методы конечных элементов.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Программирование смешанного метода конечных элементов для задачи об изгибе балки.

контрольная работа , примерные вопросы:

Методы дискретизации задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Способы дискретизации краевых и начально-краевых задач математической физики. Оценки погрешности метода конечных элементов. Сравнение с результатами численных экспериментов.

## **Тема 13. Итоговая форма контроля**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Для текущего контроля успеваемости предусмотрено проведение зачета. Примерные вопросы на зачет - Приложение1.

Непрерывные и дискретные по времени и пространству математические модели. Фазовое пространство.

Критические точки, предельные циклы и аттракторы. Устойчивость и бифуркации. Сечения Пуанкаре. Клеточные автоматы, нейронные сети.

Математические диффузии вещества, распространения тепла, изгиба упругого стержня, колебания струны и мембраны.

Динамика популяций: осредненные и распределенные модели. Численные методы решения нелинейных систем уравнений: метод сжатых отображений,

метод простой итерации, метод Ньютона, метод секущих. Условия сходимости методов.

Методы дискретизации непрерывных моделей для компьютерного

моделирования. Методы Рунге-Кутты и Адамса. Методы конечных элементов дискретизации пространственно-распределенных моделей.

Метод механических квадратур численного решения интегрального уравнения Фредгольма 2-го рода.

### **7.1. Основная литература:**

1 . Даутов Р.З. Введение в теорию метода конечных элементов: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Прикладная математика и информатика" и по направлению "Прикладная математика и информатика" / Р. З. Даутов , М. М. Карчевский. ?Изд. 2-е, испр..?Казань: Казанский университет, 2011. ?237 с.: ил.; 21. ?Библиогр.: с. 228-229 (25 назв.). ?Предм. указ.: с. 234-237. ?ISBN 978-5-98180-993-42.

2. Даутов Р.З., Карчевский М.М. Введение в теорию метода конечных элементов: [Учебное пособие]. - Казань: Казанский университет. 2012. - 240 с. (с грифом УМО). [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=47325](http://kpfu.ru/publication?p_id=47325)

3. Даутов Р.З. Метод Галеркина с возмущениями для задач на собственные значения. [Учебное пособие]. - Казань, 2010. - 94 с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21045](http://kpfu.ru/publication?p_id=21045)

4. Даутов Р.З. Практикум по методам решения задачи Коши для систем ОДУ . Учебно-методическое пособие. - Казань, 2010. - 89 с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=21046](http://kpfu.ru/publication?p_id=21046)
5. Ф. Г. Авхадиев Численные методы анализа [Учебное пособие]. - Казань: КФУ, 2013 [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05\\_039\\_000398.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05_039_000398.pdf)
6. Шагидуллин Р. Р. Топологические методы в механике сплошной среды: учебное пособие / Р. Р. Шагидуллин; Казан. гос. ун-т. Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 2009. 143 с.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. Издание 2-е, исправленное. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 320 с.: ил. Рез.: англ., Огл. парал.: рус., англ. Библиогр.: с.313-316. ISBN 5-9221-0120-X.
2. Карчевский, Михаил Миронович. Математические модели механики сплошной среды: учеб. пособие / М.М. Карчевский, Р.Р. Шагидуллин. Казань: Казан. гос. ун-т, 2007. 211 с.: ил.; 20. Предм. указ.: с. 207-209. Библиогр.: с. 210-211 (26 назв.). ISBN 5-98180-355-X, 250.
3. Елизаров А. М. Краевые задачи механики жидкости и газа: Учебное пособие - Казань, Казанский Ун-т, 2013 197 с. [http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05\\_038\\_000450.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/05-IMM/05_038_000450.pdf)
4. Прикладная механика сплошных сред: в 3 т. / науч. ред. д.т.н., проф. В.В. Селиванов. Изд. 3-е, стер.. Москва: Изд-во МГТУ, 2006. 22. ISBN 5-7038-2343-9
5. Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Задворнов О.А. Разработка графического пользовательского интерфейса в среде MatLab. - Казань: Изд-во Казанского федерального университета, 2011. 112 с [http://old.kpfu.ru/f9/bin\\_files/GUI\\_MatLab.pdf](http://old.kpfu.ru/f9/bin_files/GUI_MatLab.pdf)

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Википедия - <http://ru.wikipedia.org>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>  
Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>  
Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Современные средства математического моделирования" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером). Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Численные методы .

Автор(ы):

Абдюшева Г.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тимербаев М.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.