

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: Математическое моделирование

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 9139514

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<br>(профессиональные компетенции) | способность приобретать новые научные и профессиональные знания, используя современные образовательные и информационные технологии  |
| ПК-5<br>(профессиональные компетенции) | способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности  |
| ПК-7<br>(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<br>(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<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>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<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля       |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>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                      | контрольная работа<br>дискуссия |
| 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<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля       |
|-----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------------|
|     |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                                 |
| 8.  | Тема 8. Задача Коши для системы ОДУ первого порядка. Методы Рунге-Кутта 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<br>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 Математическое моделирование .

Автор(ы):

Абдюшева Г.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тимербаев М.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.