

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Хагуров Т.А.

31 мая 2019 г.



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Б1.В.01 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕХАНИКЕ**

Направление подготовки: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Направленность (профиль): Фундаментальная математика и её приложения

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2019

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование в механике» являются: подготовка в области применения современной вычислительной техники для решения практических задач математического и компьютерного моделирования, информатики; получение высшего (на уровне специалиста) образования, позволяющего выпускнику успешно работать в избранной сфере деятельности с применением современных компьютерных технологий.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Обучение основным методам, необходимым для анализа и решения задач механики и математической физики, а также развитие навыков математического моделирования в естественных науках.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Математическое моделирование в механике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений математического и естественнонаучного цикла дисциплин и имеет логическую и содержательно – методическую взаимосвязь с дисциплинами основной образовательной программы.

Материал курса предназначен для использования в дисциплинах, связанных с решением задач механики и математической физики, в первую очередь, относящихся к механике сплошных сред, акустике и теории упругости.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных/общепрофессиональных/профессиональных компетенций (ОК/ОПК/ПК)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК–1	Способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики	основные методы математического и компьютерного моделирования для решения прикладных и фундаментальных задач	реализовывать элементы алгоритмов или математических моделей для задач математической физики	навыками построения математических моделей их программной реализации
2.	ПК–2	Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	основные методы математического и компьютерного моделирования для решения задач механики	разрабатывать математические модели и реализующие их программные комплексы, проводить численный анализ на их основе	навыками анализа математических подходов с точки зрения адекватности их применения к конкретной задаче

## **2. Структура и содержание дисциплины.**

### **2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице  
(для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)				
		8				
<b>Контактная работа, в том числе:</b>						
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>72</b>	<b>72</b>				
Занятия лекционного типа	34	34	-	-	-	
Лабораторные занятия	-	-	-	-	-	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	34	34	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
<b>Иная контактная работа:</b>						
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4				
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2				
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>						
Курсовая работа	-	-	-	-	-	
Проработка учебного (теоретического) материала	-	-	-	-	-	
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	35,8	35,8	-	-	-	
Реферат	-	-	-	-	-	
Подготовка к текущему контролю	-	-	-	-	-	
<b>Контроль:</b>						
Подготовка к экзамену	-	-				
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>72,2</b>	<b>72,2</b>			
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей	26	10	6		6
2.	Построение математических моделей механики сплошных сред.	28	8	10		10
3.	Исследование математических моделей	30	10	10		10
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	20	6	8		9,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>		34	34		35,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей	Этапы математического моделирования: - создание качественной модели; - создание математической модели (постановка математической задачи); - изучение математической модели (математическое обоснование модели, качественное исследование модели, численное исследование модели, создание и реализация программы); - получение результатов и их интерпретация; - использование полученных результатов. Рассмотрение некоторых конкретных задач и соответствующих математических моделей: - задача динамики популяций; - задача полёта снаряда; - задачи о колебании струны и мембраны; - задача о колебании маятников.	РГЗ
2.	Построение математических моделей механики сплошных сред.	Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция. Задачи геофизики и теории упругости. Прямые и обратные задачи теплопроводности.	РГЗ

		Рассмотрение стационарных, гармонических и нестационарных задач в двумерной постановке.	
3.	Исследование математических моделей	Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных производных. Особенности компьютерной реализации методов в одномерном и двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).	РГЗ
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).	РГЗ

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основы математического моделирования. Построение простейших математических моделей	Этапы математического моделирования: - создание качественной модели; - создание математической модели (постановка математической задачи); - изучение математической модели (математическое обоснование модели, качественное исследование модели, численное исследование модели, создание и реализация программы); - получение результатов и их интерпретация; - использование полученных результатов. Рассмотрение некоторых конкретных задач и соответствующих математических моделей: - задача динамики популяций; - задача полёта снаряда; - задачи о колебании струны и мембраны; - задача о колебании маятников.	проверка домашнего практического задания
2.	Построение математических моделей механики сплошных сред.	Постановки задач механики сплошной среды. Начально-граничные условия. Смешанные граничные условия. Сильная постановка. Вариационная постановка. Слабая постановка. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов. Дискретизация и редукция. Задачи геофизики и теории упругости. Прямые и обратные задачи теплопроводности. Рассмотрение стационарных,	проверка домашнего практического задания

		гармонических и нестационарных задач в двумерной постановке.	
3.	Исследование математических моделей	Корректность математических моделей. Примеры корректных и некорректных задач. Численное и аналитическое решение уравнений в частных производных. Особенности компьютерной реализации методов в одномерном и двумерном случае. Применение полуаналитических методов для решения двумерной задачи механики сплошных сред (колебания упругого изотропного прямоугольного тела под действием внешней приложенной нагрузки).	проверка домашнего практического задания
4.	Вычислительный эксперимент и его роль	Решение СЛАУ, численное интегрирование и дифференцирование, решение модельных задач (гидродинамики, теории упругости, геофизики, акустики).	проверка домашнего практического задания

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 3. Образовательные технологии.

Лекции, практические занятия, контрольные работы, коллоквиумы, зачеты и экзамен. К образовательным технологиям относятся интерактивные методы обучения. Интерактивность подачи материала по дисциплине «Математическое моделирование в механике» предполагает не только взаимодействия вида «преподаватель - студент» и «студент - преподаватель», но и «студент - студент». Все эти виды взаимодействия хорошо достигаются при изложении материала на практических занятиях и в процессе докладов с использованием компьютерных технологий.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

###### **Примерный перечень заданий и контрольных вопросов**

1. Написать процедуру для определения нулей полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
2. Написать процедуру вычисления значений полиномов Лобатто порядка  $N=3,4,6$ .
3. Написать процедуру для расчёта значений любого многочлена Гаусса-Лежандра-Лобатто порядка  $N=4,5,7$ .
4. Написать процедуру вычисления значений полиномов Чебышева произвольного порядка.
5. Написать процедуру вычисления значений Гаусса-Чебышева-Лобатто для произвольного порядка.
6. Написать процедуру разложения произвольной аналитической функции  $f(x)$  на отрезке  $[a,b]$  по полиномам Гаусса-Чебышева-Лобатто до порядка  $N$  включительно.
7. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих нули полиномов Чебышева.
8. Написать процедуру вычисления интегралов на основе квадратурных формул, использующих точки Гаусса-Лежандра-Лобатто.
9. Записать вариационную формулировку задачи Дирихле для уравнения Пуассона в слабой постановке.
10. Реализовать МКЭ ВПТ для одномерного уравнения Гельмгольца, используя несколько элементов.
11. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Лапласа в квадрате, используя один элемент.
12. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Пуассона в квадрате, используя один элемент.
13. Реализовать МКЭ ВПТ для двумерного уравнения Гельмгольца в квадрате, используя один элемент.
14. Реализовать приближённое решение двумерного уравнения Гельмгольца с помощью МКЭ ВПТ, используя несколько элементов, для области, ограниченной линиями, на которых заданы граничные условия:

##### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

###### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Уравнения движения и граничные условия.
2. Стационарные, гармонические и нестационарные задачи.
3. Вариационная и слабая постановка задач механики.
4. Плоская, антиплоская, трехмерная задача теории упругости.
5. Тензор деформации и тензор скоростей деформации.
6. Тензор напряжений и перемещения в упругом теле.
7. Закон Гука в анизотропной линейно-упругой среде.
8. Математические модели и постановка задач для пьезоэлектрических тел.
9. Законы сохранения и их использование при математическом моделировании.
10. Гармонические колебания стержня и струны.
11. Плоские и объемные упругие волны.
12. Волна Рэлея и Лява.
13. Волна Лэмба.
14. Бегущие волны.
15. Рассеяние ультразвуковых волн на границах раздела сред.
16. Метод Петрова-Галеркина и Бубнова-Галеркина.

17. Уравнение Эйлера. Метод Рунге. Метод наименьших квадратов.
18. Этапы математического моделирования.
19. Применение преобразования Фурье для неограниченных областей.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 243 с. — ISBN 978-5-9963-2980-9 - [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/70743> (06.04.2018).

2. Срочко, В.А. Численные методы. Курс лекций: учебник / В.А. Срочко.— М : Издательство "Лань", 2010. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1014-9. — [Электронный ресурс]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/378> (06.04.2018).

3. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 356 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02714-3. — URL: <https://biblio-online.ru/book/9D9516CB-A065-4497-9062-5D8C77D8E644/chislennye-metody-osnovy-nauchnyh-vychisleniy>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань».

### **5.2 Дополнительная литература:**



1. Голуб М. В., Фоменко С.И., Шпак А.Н. Метод конечных элементов высокой степени точности, или метод спектральных элементов, в задачах математической физики. — Краснодар: КубГУ, 2015. — 75 с.

### **5.3. Периодические издания:**

1. Журнал "Вычислительная механика сплошных сред" <http://www2.icmm.ru/journal/>

### **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).**

1. Образовательный математический сайт Exponenta. — URL: [www.old.exponenta.ru](http://www.old.exponenta.ru)

2. Мир математических уравнений. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Электронная библиотека содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений, конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике. Все материалы присланы авторами и читателями или взяты из Интернета (из www архивов открытого доступа). Основной фонд библиотеки составляют книги, издававшиеся тридцать и более лет назад. — URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm>

3. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета. — URL: <http://www.software.unn.ac.ru/ccam>

4. Федеральный портал "Российское образование". Каталог образовательных ресурсов. — URL: [http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=1314](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=1314)

### **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

В курсе используются следующие методы и формы работы:

- лекции (4 часа в неделю);
- лабораторные занятия в компьютерном классе (4 часа в неделю, выполняются задания на компьютерах и обсуждаются основные вопросы домашних заданий).

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

#### **8.1 Перечень информационных технологий.**

- Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины.
- Проверка домашних заданий.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

#### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

1. Операционная система MS Windows.
2. Matlab.

#### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru/>)

2. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям. — URL: (<http://www.parallel.ru>)

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (Microsoft Office PowerPoint, Matlab).
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения и соответствующим программным обеспечением (Matlab).
3.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.