

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.01.01 Механика волновых движений  
деформируемых сред

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль)

02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование

Форма обучения

очная

Год набора

2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н., профессор, Садовский В.М.

\_\_\_\_\_  
должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- ознакомление с общими методами математического описания процессов распространения волн напряжений и деформаций в упругих, вязкоупругих и упругопластических средах;
- формирование умений и навыков применения изученного материала к анализу волновых явлений.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины заключаются в

- формировании знаний о современных математических методах описания волновых движений; общих подходах к построению определяющих уравнений реологически сложных сред; общих закономерностях распространения, отражения и преломления волн в деформируемых средах.
- отработке умений применять изученный материал к решению задач механики волновых движений; использовать специальную литературу, справочники, математические энциклопедии.
- овладении практическими навыками самостоятельной работы при постановке динамических задач теории упругости и пластичности, при их решении.

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-5: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники</b>	
ПК-5.1: Формулирует математические постановки классических моделей, применяемых в естественных науках, промышленности и бизнесе	Классические математические модели волновых движений деформируемых сред Формулировать постановки задач возникающих в классических моделях волновых движений деформируемых сред Методами решения задач волновых движений деформируемых сред
ПК-5.2: Создает, исследует и анализирует математические модели, применяемые в естественных науках, промышленности и бизнесе	Текущие математические модели, применяемые для моделирования волновых движений деформируемых сред Создавать и исследовать новые математические модели волновых движений деформируемых сред Методами построения и анализа математических моделей волновых движений деформируемых сред

ПК-5.3: Применяет языки	Современные языки программирования и пакеты
программирования и пакеты прикладных программ для проведения математического моделирования при помощи компьютерной техники	прикладных программ для моделирования волновых движений деформируемых сред Формулировать задачи волновых движений деформируемых сред для решения их специальными пакетами программ Навыками решения задач волновых движений деформируемых сред с помощью языков программирования и пакетов прикладных программ

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,39 (50)</b>	
занятия лекционного типа	0,44 (16)	
практические занятия	0,94 (34)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,61 (94)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Общие сведения</b>									
	1. Основы механики деформируемых сред. Напряжение. Деформация. Упругость. Пластичность. Ползучесть. Релаксация. Простейшие модели одноосного растяжения–сжатия. Состояние чистого сдвига. Простейшие математические модели. Удельная работа. Потенциальная (упругая) энергия. Пластическая диссипация.	1							
	2. Основы механики деформируемых сред. Напряжение. Деформация. Упругость. Пластичность. Ползучесть. Релаксация. Простейшие модели одноосного растяжения–сжатия.			1					
	3. Состояние чистого сдвига. Простейшие математические модели. Удельная работа. Потенциальная (упругая) энергия. Пластическая диссипация.			1					

4. Наследственная теория упругости. Модель Максвелла. Модель Кельвина–Фойхта. Описание ползучести, релаксации, диссипации в рамках этих моделей. Обобщенная модель вязкоупругой среды Больцмана. Ядро релаксации. Ядро ползучести. Определяющие уравнения Поинтинга–Томсона.	1							
5. Наследственная теория упругости. Модель Максвелла. Модель Кельвина–Фойхта. Описание ползучести, релаксации, диссипации в рамках этих моделей.			1					
6. Обобщенная модель вязкоупругой среды Больцмана. Ядро релаксации. Ядро ползучести. Определяющие уравнения Поинтинга–Томсона.			1					
7. Преобразование Лапласа. Принцип соответствия Вольтера. Плоские упругие волны. Основные уравнения. Приведение системы к безразмерному виду. Инварианты Римана. Интегрирование уравнений для инвариантов. Задача распада разрыва.	1							
8. Преобразование Лапласа. Принцип соответствия Вольтера.			1					
9. Плоские упругие волны. Основные уравнения. Приведение системы к безразмерному виду. Инварианты Римана. Интегрирование уравнений для инвариантов. Задача распада разрыва.			1					
10. Модельное уравнение Хопфа. Общее решение. Коллапс. Ударная волна. Волна разрежения. Метод характеристик. Задача Римана. Распространение и отражение плоских волн. Принцип суперпозиции. Волны напряжений от действия П-образного импульса.	1							

11. Модельное уравнение Хопфа. Общее решение. Коллапс. Ударная волна. Волна разрежения.			1					
12. Метод характеристик. Задача Римана. Распространение и отражение плоских волн. Принцип суперпозиции. Волны напряжений от действия П-образного импульса.			1					
13. Вычисление резонансных частот для упругого слоя заданной толщины. Бегущие волны. Монохроматические волны. Частота. Волновое число. Фазовая скорость. Дисперсия.	1							
14. Вычисление резонансных частот для упругого слоя заданной толщины.			1					
15. Бегущие волны. Монохроматические волны. Частота. Волновое число. Фазовая скорость. Дисперсия.			1					
16. Примеры построения дисперсионных уравнений для различных моделей (упругие волны в стержне с учетом поперечной инерции, плоские волны в среде Максвелла и Кельвина–Фойхта). Задача о прохождении плоской волны через границу раздела двух упругих сред. Акустический импеданс. Коэффициент отражения. Коэффициент прохождения.	1							
17. Примеры построения дисперсионных уравнений для различных моделей (упругие волны в стержне с учетом поперечной инерции, плоские волны в среде Максвелла и Кельвина–Фойхта).			1					
18. Задача о прохождении плоской волны через границу раздела двух упругих сред. Акустический импеданс. Коэффициент отражения. Коэффициент прохождения.			1					
19. Изучение теоретического курса (ТО)							7	

20. Выполнение домашних работ							7	
<b>2. Модели механики деформируемых сред</b>								
1. Эквивалентные определения тензора. Формулы преобразования ковариантных и контравариантных компонент. Операции над тензорами. Примеры тензоров. Метрический тензор. Тензор дисторсии. Тензоры напряжений и деформации. Тензор поворота. Инварианты тензоров.	1							
2. Эквивалентные определения тензора. Формулы преобразования ковариантных и контравариантных компонент. Операции над тензорами. Примеры тензоров. Метрический тензор. Тензор дисторсии.			1					
3. Тензоры напряжений и деформации. Тензор поворота. Инварианты тензоров.			1					
4. Закон Гука для пространственного состояния среды. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль объемного сжатия, параметры Ламе. Принцип отвердевания. Дифференциальные уравнения движения. Система уравнений Ламе.	1							
5. Закон Гука для пространственного состояния среды. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль объемного сжатия, параметры Ламе.			1					
6. Принцип отвердевания. Дифференциальные уравнения движения. Система уравнений Ламе.			1					
7. Представление поля перемещений в виде суперпозиции потенциального и соленоидального полей. Уравнения продольных и поперечных волн в безграничной среде. Симметрическая форма уравнений динамической теории упругости.	1							

8. Представление поля перемещений в виде суперпозиции потенциального и соленоидального полей. Уравнения продольных и поперечных волн в безграничной среде.			1					
9. Симметрическая форма уравнений динамической теории упругости.			1					
10. Теория упругопластического течения. Приведение основных соотношений к вариационному неравенству. Соотношения сильного разрыва. Упругие и пластические ударные волны. Контактные разрывы.	1							
11. Теория упругопластического течения. Приведение основных соотношений к вариационному неравенству.			1					
12. Соотношения сильного разрыва. Упругие и пластические ударные волны. Контактные разрывы.			1					
13. Изучение теоретического курса (ТО)							15	
14. Выполнение домашних работ							15	
<b>3. Волны в упругих и пластических средах</b>								
1. Пространственное волновое уравнение. Функционально-инвариантные решения Смирнова–Соболева. Задача об отражении продольной волны от свободной границы полупространства.	1							
2. Пространственное волновое уравнение. Функционально-инвариантные решения Смирнова–Соболева.			2					
3. Задача об отражении продольной волны от свободной границы полупространства.			2					
4. Задача об отражении поперечной волны. Случай полного внутреннего отражения поперечной волны.	1							

5. Задача об отражении поперечной волны.			1					
6. Случай полного внутреннего отражения поперечной волны.			1					
7. Поверхностные волны Рэлея и Лява. Сферические и цилиндрические упругие волны.	2							
8. Поверхностные волны Рэлея и Лява.			2					
9. Сферические и цилиндрические упругие волны.			2					
10. Распространение упругих волн в неоднородных средах. Лучевой метод. Волны в плоскостной среде в приближении геометрической оптики.	1							
11. Распространение упругих волн в неоднородных средах. Лучевой метод.			1					
12. Волны в плоскостной среде в приближении геометрической оптики.			1					
13. Плоские пластические волны. Волны нагружения и разгрузки. Сферические и цилиндрические волны в пластической среде.	1							
14. Плоские пластические волны. Волны нагружения и разгрузки.			1					
15. Сферические и цилиндрические волны в пластической среде.			1					
16. Изучение теоретического курса (ТО)							25	
17. Выполнение домашних работ							25	
Всего	16		34				94	

#### **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

##### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Бреховских Л. М., Годин О. А., Чепурин Ю. А., Гончаров В. В., Селиванов В. Г. Акустика неоднородных сред: Т. 1. Основы теории отражения и распространения звука: в 2-х томах(Москва: Наука).
2. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 2: [в 2 томах](Москва: Наука).
3. Бреховских Л. М., Годин О. А. Акустика неоднородных сред: Том 2. Звуковые поля в слоистых и трехмерно- неоднородных средах: в 2-х томах(Москва: Наука).
4. Мейз Д. Э. Теория и задачи механики сплошных сред(Москва: Мир).
5. Седов Л. И. Механика сплошной среды: Т. 1: [в 2 томах](Москва: Наука).
6. Клаербоут Д. Ф. Теоретические основы обработки геофизической информации с приложением к разведке нефти: перевод с английского (Москва: Недра).
7. Петрашень Г. И. Распространение волновых полей сигнального типа в упругих сейсмических средах: учебник(Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет [СПбГУ]).
8. Шемякин Е. И. Динамические задачи теории упругости и пластичности: [курс лекций](Новосибирск: Новосибирский университет [НГУ]).
9. Ватульян А. О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела(Москва: Физматлит).
10. Садовский В.В. Волновые движения деформируемых сред: [учеб-метод. материалы к изучению дисциплины для ...02.04.01.01 Математическое и компьютерное моделирование, 02.04.01.02 Вычислительная математика] (Красноярск: СФУ).

##### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Использование программного обеспечения не предусмотрено.

##### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Использование информационных справочных систем не предусмотрено.

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

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

Лекционная аудитория.