

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.37 «МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВОЛНОВОЙ**  
**МЕХАНИКЕ»**

Направление подготовки **01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) Математическое моделирование в естествознании  
и технологиях

Программа подготовки \_\_\_\_\_ академическая \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

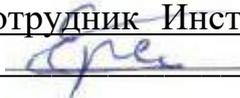
Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Методы моделирования в волновой механике» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению **01.03.02 Прикладная математика и информатика**, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 9 от 10 января 2018 г.

Программу составил:

Еремин А.А., канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Института математики, механики и информатики КубГУ



Рабочая программа дисциплины «Методы моделирования в волновой механике» утверждена на заседании кафедры математического моделирования протокол № 12 «20» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой математического моделирования акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф. Бабешко В.А.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики протокол № 2 «22» мая 2020 г.

Председатель УМК факультета канд. экон. наук, доцент Коваленко А.В.



Рецензенты:

Калайдин Е.Н., д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой «Математика и информатика» Финансового университета при Правительстве РФ (Краснодарский филиал)

Глушкова Н.В., д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ Математики, механики и информатики КубГУ

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины**

### **1.1 Цель освоения дисциплины**

Дисциплина «Методы моделирования в волновой механике» ставит своей целью освоение полуаналитических методов моделирования волновых полей и приемов создания на этой основе компьютерных моделей, овладение современными технологиями математического и компьютерного моделирования волновых процессов и явлений с применением пакетов и средств компьютерного анализа и автоматизированного расчетного проектирования.

### **1.2 Задачи дисциплины**

Основные задачи дисциплины:

- изучение теории и методов анализа волновой динамики упругих слоистых материалов;
- освоение и совершенствование навыков применения полуаналитических численных методов и прикладного программного обеспечения для расчета характеристик волновых процессов на базе прикладных пакетов, языков и сред программирования.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Методы моделирования в волновой механике» относится к базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана подготовки бакалавра. Она имеет логическую и содержательно – методическую взаимосвязь с дисциплинами основной образовательной программы. Для изучения дисциплины «Методы моделирования в волновой механике» требуется качественное знание основных разделов высшей математики и современных физических концепций, также знание основных математических моделей механики сплошных сред.

В совокупности изучение этой дисциплины готовит обучающихся к различным видам научно-исследовательской деятельности в области фундаментальной и прикладной математики, механики, естественных наук.

Курс «Методы моделирования в волновой механике» читается обучающимся 4-го курса (8-й семестр).

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

Программа определяет общий объем знаний, позволяющий сформировать у студента целостное представление об основах моделирования в волновой механике, обеспечивающих широкий спектр их применений. Вместе с тем, изложение заключительных разделов курса неизбежно имеет, в основном, информационный характер.

В результате изучения дисциплины студент должен овладеть:

Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
		знать	уметь	владеть
ПК-1	Способен решать актуальные и значимые задачи прикладной математики и информатики	– основные понятия и гипотезы динамических задач теории упругости и исследуемых моделей волновых процессов	– формулировать динамические краевые задачи; строить интегральное представление решения с помощью преобразования Фурье;	– основами теории анализа динамики волновых процессов; техникой применения полуаналитических методов; навыками использования и совершенствования численных методов и программного обеспечения для расчета характеристик волновых процессов на базе прикладных пакетов, языков и сред программирования (Mathematica, Comsol, Matlab, Fortran)
ПК-2	Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках	– состояние вопроса в исследуемой области, нерешенные актуальные задачи и перспективные способы их решения.	– выбрать подход к исследованию задачи в области изучения волновых процессов в упругих телах, обосновать выбор соответствующих методов и грамотно их использовать; применять полуаналитические и прямые численные методы, и пакеты прикладных программ для решения динамических волновых задач	– навыками профессионального участия в научных дискуссиях, обсуждения полученных результатов и их представления в виде научных публикаций и отчетов
ПК-3	Способен ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики; обладать способностями к эффективному применению и реализации математически сложных алгоритмов	– закономерности развития и различные концепции современной логики и методологии научного исследования; состояние вопроса в исследуемой области	– выделять объемные и бегущие волны из интегрального представления; реализовывать полученные решения в виде компьютерных программ	– навыками работы с информацией из различных источников для решения профессиональных задач; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часа. Курс «Методы моделирования в волновой механике» состоит из лабораторных занятий, сопровождаемых регулярной индивидуальной работой преподавателя со студентами в процессе самостоятельной работы. В конце семестра проводится зачет. Программой дисциплины предусмотрены 42 часов лабораторных занятий, форма отчетности – зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр (часы)
		8
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>108</b>	<b>44,2</b>
В том числе:		
Занятия лекционного типа	–	–
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	–	–
Лабораторные занятия	42	42
<b>Иная контактная работа:</b>		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>63,8</b>	<b>63,8</b>
В том числе:		
Курсовая работа	–	–
Проработка учебного (теоретического) материала	30	30
Подготовка к текущему контролю	33,8	33,8
<b>Контроль: экзамен</b>		
Подготовка к экзамену	–	–
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>44,2</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№	Наименование разделов	Количество часов		
		Всего	Аудиторная работа	Внеаудиторная работа
			ЛР	СР
1.	Краевые задачи динамической теории упругости для стратифицированных сред	10	4	6
2.	Вопросы единственности и разрешимости динамических задач для упругом стратифицированного волновода	13	6	7

№	Наименование разделов	Количество часов		
		Всего	Аудиторная работа	Внеаудиторная работа
			ЛР	СР
3.	Методы решения интегральных уравнений динамических смешанных задач	16	8	8
4.	Анализ волновых полей, возбуждаемых гармоническими поверхностными источниками в упругом стратифицированном волноводе	13	6	7
5.	Нестационарные волны	13	6	7
6.	Энергия упругих волн, возбуждаемых в стратифицированном упругом волноводе поверхностными источниками	14	6	8
7.	Внутренние источники	12,8	6	6,8
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	–	–
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	–	–
<b>Итого по дисциплине:</b>		<b>108</b>	<b>42</b>	<b>63,8</b>

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, КСР – контролируемая самостоятельная работа, СРС – самостоятельная работа студента.

### 2.3 Содержание разделов дисциплины:

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	Краевые задачи динамической теории упругости для стратифицированных сред	Постановка динамических краевых задач для полугораниченных вертикально-неоднородных упругих сред при наличии источников колебаний. Условия излучения. Правила выбора контура интегрирования и ветвей радикалов. Методы построения матрицы Грина для упругого полупространства и упругого слоя.	Устный вопрос по лекционному материалу и дополнительно изученной литературе
4	Анализ волновых полей, возбуждаемых гармоническими поверхностными источниками в упругом стратифицированном упругом волноводе	Интегральное представление волновых полей, ближняя зона. Асимптотический анализ в дальней от источника зоне, объемные, поверхностные и каналовые волны. Волны Лэмба и SH-волны.	Устный вопрос по лекционному материалу и дополнительно изученной литературе
5	Нестационарные волны	Общие свойства интегральных представлений нестационарных волн. Анализ нестационарных волн в дальней зоне. Нестационарный импульс в многослойном полупространстве.	Устный вопрос по лекционному материалу и дополнительно изученной литературе
6	Энергия упругих волн, возбуждаемых в	Энергия упругих волн. Мощность поверхностного источника. Поток энергии через плоскость, параллельную	Устный вопрос по лекционному материалу и

стратифицированном упругом волноводе поверхностными источниками	поверхности среды. Поток энергии в дальней зоне. Энергетический баланс стратифицированного полупространства и многослойной среды конечной толщины. Энергия нестационарного импульса.	дополнительно изученной литературе
---	--	------------------------------------

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

Учебный план не предусматривает практических занятий по дисциплине «Методы моделирования в волновой механике».

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебный план не предусматривает практических занятий по дисциплине «Методы моделирования в волновой механике».

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№ раздела	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1.	Краевые задачи динамической теории упругости для стратифицированных сред	Разработка численного алгоритма построения Фурье-символа матрицы Грина для многослойного упругого волновода.	доклад-сообщение
3.	Методы решения интегральных уравнений динамических смешанных задач	Численная реализация метода Галеркина для упругого волновода со смешанными граничными условиями	Задание для самостоятельной работы
		Разработка численного алгоритма решения интегральных уравнений типа Винера-Хопфа методом бесконечных систем с последующей регуляризацией.	Задание для самостоятельной работы
4.	Анализ волновых полей, возбуждаемых гармоническими поверхностными источниками в упругом стратифицированном волноводе	Построение асимптотического представления волновых полей в дальней зоне в случае упругого полупространства	устный опрос
		Построение асимптотического представления волновых полей в дальней зоне в виде суммы бегущих волн в случае упругого слоя	устный опрос
5.	Нестационарные волны	Разработка и реализация алгоритма для решения нестационарной волновой задачи	доклад-сообщение
6.	Энергия упругих волн, возбуждаемых в стратифицированном упругом волноводе поверхностными источниками	Численный расчет потока энергии через плоскость параллельную поверхности среды для упругого волновода	доклад-сообщение
		Проверка энергетического баланса упругого полупространства	доклад-сообщение
		Построение линий тока для упругого слоя конечной толщины	доклад-сообщение

7.	Внутренние источники	Метод фундаментальных решений для слоистого упругого волновода. Метод слоистых элементов.	Задание для самостоятельной работы
----	----------------------	---	------------------------------------

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

№	Наименование раздела
1	Краевые задачи динамической теории упругости для стратифицированных сред
2	Вопросы единственности и разрешимости динамических задач для упругого стратифицированного волновода
3	Методы решения интегральных уравнений динамических смешанных задач
4	Анализ волновых полей, возбуждаемых гармоническими поверхностными источниками в упругом стратифицированном волноводе
5	Нестационарные волны
6	Энергия упругих волн, возбуждаемых в стратифицированном упругом волноводе поверхностными источниками
7	Внутренние источники

Целью самостоятельной работы является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Содержание приведенной основной и дополнительной литературы позволяет охватить широкий круг задач и методов механики деформируемого твердого тела.

При проведении самостоятельной работы для решения и исследования задач могут применяться пакеты Matlab и/или COMSOL Multiphysics.

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.

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.

### 3. Образовательные технологии

В процессе освоения данной учебной дисциплины используются следующие образовательные технологии: проблемная лекция, лекция-диалог с элементами группового взаимодействия, структурированная дискуссия, аналитический семинар, компьютерное моделирование на лабораторных занятиях, презентации и командная работа.

В лекционной части курса используется набор презентаций, которые позволяют существенно, до двух – трёх раз, увеличить объём излагаемого материала. Везде, где это возможно используются мнемоники, позволяющие подключить к освоению материала образное мышление студентов.

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

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список лабораторных работ, задач и вопросов).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы.

Оценка успеваемости осуществляется по результатам: самостоятельного выполнения лабораторных работ, устного опроса при сдаче выполненных самостоятельных заданий, индивидуальных лабораторных заданий и защиты групповых заданий, ответа на зачете (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины, контроля компетенций: ПК – 1, ПК – 2, ПК – 3). Проверка индивидуальных заданий и устный опрос по их результатам позволяет проверить компетенцию ПК-5. Существенным элементом образовательных технологий является не только умение студента найти решение поставленной задачи, но и донести его до всей аудитории. Защита групповых заданий проводится в виде представления результатов и их обсуждения и служит контролем для проверки ОПК-4.

#### **Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Перечень компетенций	Виды занятий				Формы контроля
	Л.	Лаб.	К	СРС	
ПК-1		+		+	1. Опрос по результатам самостоятельной работы 2. Зачет.
ПК-2		+		+	1. Опрос по результатам выполнения индивидуальных заданий; 2. Зачет.
ПК-2		+		+	1. Опрос по результатам выполнения индивидуальных заданий; 2. Зачет.

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

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе.

## Перечень вопросов для устного опроса

### Раздел 1.

1. Дайте постановку краевой задачи в случае колебаний упругого полупространства под действием гармонических поверхностных нагрузок.
2. Кратко опишите этапы решение системы уравнений Ляме для упругого свободного слоя, под действием гармонических поверхностных нагрузок, используя преобразование Фурье.
3. Сформулируйте условия излучения. Чем вызвана необходимость их использования?
4. Чем вызвана необходимость выбора специального вида для экспонент в представлении решения?
5. Каким образом и для чего необходимо деформировать контур интегрирования при вычислении обратного преобразования Фурье при решении модельной задачи?
6. Как правильно выбрать направление замыкания контура интегрирования?

### Раздел 4.

1. Запишите интегральное представление волновых полей в ближней зоне.
2. Какие сложности возникают при численной реализации интегрального представления волновых полей в ближней зоне, как их можно преодолеть?
3. Асимптотика объемных волн в дальней зоне. Вклад стационарных функций.
4. Асимптотика поверхностных и каналовых волн в дальней зоне.
5. Выделение волн Лэмба и SH-волн.

### Раздел 5.

1. Каким условиям должна удовлетворять функция, чтобы к ней было применимо преобразование Лапласа?
2. Постановка задачи для нестационарных колебаний с произвольной зависимостью от времени.
3. Интегральное преобразование Лапласа, основные свойства преобразования.
4. Принцип суперпозиции для линейных колебательных систем: разложение нестационарного решения на гармонические составляющие.
5. Физическая интерпретация картин волновых фронтов, получающихся при анализе нестационарных волн в дальней зоне.

### Раздел 6.

1. Что определяет вектор Умова?
2. Энергия поверхностного источника.
3. Особенности выбора контура интегрирования при расчете потока энергии через плоскость, параллельную поверхности среды.
4. Поток энергии через боковую поверхность цилиндра радиуса  $r$ .
5. Поток энергии через нижнюю полусферу радиуса  $R$ .
6. Диаграммы направленности энергии объемных волн.

## Примерные темы для докладов-сообщений

### Раздел 1

1. Алгоритм построения Фурье-символа матрицы Грина для трансверсально-изотропного полупространства (двумерный случай)
2. Алгоритм построения Фурье-символа матрицы Грина для трансверсально-изотропного полупространства (трехмерный случай)
3. Алгоритм построения Фурье-символа матрицы Грина для трансверсально-изотропного слоя (двумерный случай)

4. Алгоритм построения Фурье-символа матрицы Грина для трансверсально-изотропного слоя (трехмерный случай)

#### Раздел 5

1. Методы расчета и визуализации нестационарных волновых полей
2. Особенности решения нестационарной задачи в случае резонансной локализации колебаний возле препятствия в слоистом упругом волноводе.

#### Раздел 6

1. Методики визуализации линий тока энергии с использованием современных пакетов прикладных программ.
2. Формирование вихрей энергии при взаимодействии упругих волн с препятствиями в слоистых упругих волноводах/

### Примерные задания для самостоятельной работы

#### Раздел 3.

**Задача 1.** С использованием проекционного метода Галеркина (базисную и проекторную систему функций выбрать самостоятельно) или метода бесконечных систем решить смешанные краевые задачи для упругого волновода толщины  $H$  (1-5) (рассмотреть случай плоской деформации).

Граничные условия имеют следующий вид:

$$z = 0: a) |x| > a: \tau(x, z) = 0, |x| \leq a: \mathbf{u}(x, z) = \mathbf{q}(x)$$

$$b) |x| > a: \mathbf{u}(x, z) = 0, |x| \leq a: \tau(x, z) = \mathbf{q}(x)$$

$$c) |x| > a: \tau(x, z) = \delta(x - x_0), \text{ где } x_0 \notin [-a, a] |x| \leq a: \mathbf{u}(x, z) = 0$$

$$z = -H: d) \mathbf{u}(x, z) = 0; e) \tau(x, z) = 0$$

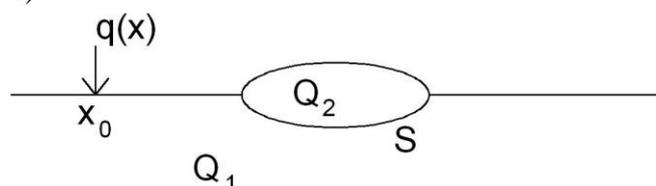
Возможные варианты: 1) a,d; 2) b,d; 3) c,e.

#### Раздел 7.

**Задача 2.** Решить гармонические и нестационарные краевые задачи для уравнения Ламе в случае плоской деформации, используя метод фундаментальных решений или метод слоистых элементов (по выбору обучающегося); геометрия задачи представлена на Рисунках 1-12. Верхняя и нижняя плоскопараллельные границы волновода свободны от напряжений. Каждой подобласти  $Q_i$  соответствует свои значения констант Ламе. В области контакта подобластей  $Q_i$  использовать условия указанные под рисунком. В качестве оконной функции для нестационарной задачи использовать функцию вида:

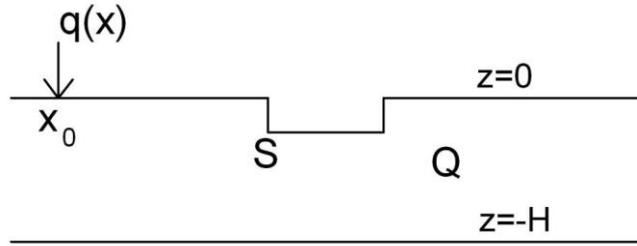
$$F(\omega) = \begin{cases} \cos^2 \pi \left( \frac{\omega - \omega_0}{2\Delta\omega} \right), & |\omega - \omega_0| \leq \Delta\omega \\ 0, & |\omega - \omega_0| > \Delta\omega. \end{cases}$$

1)



$$S: \mathbf{u}_1(x, z) = \mathbf{u}_2(x, z); \tau_1(x, z) = \tau_2(x, z)$$

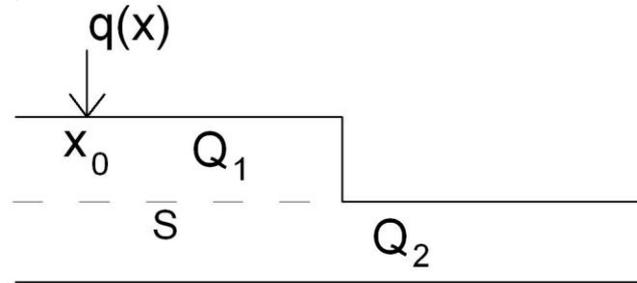
2)



$$S: \tau(x, z) = 0$$


---

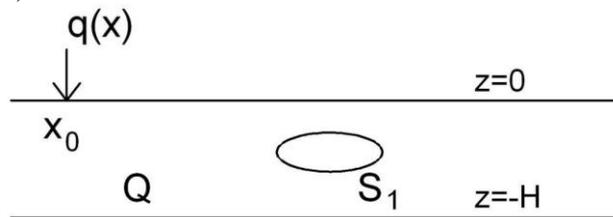
3)



$$S: \mathbf{u}_1(x, z) = \mathbf{u}_2(x, z); \tau_1(x, z) = \tau_2(x, z)$$


---

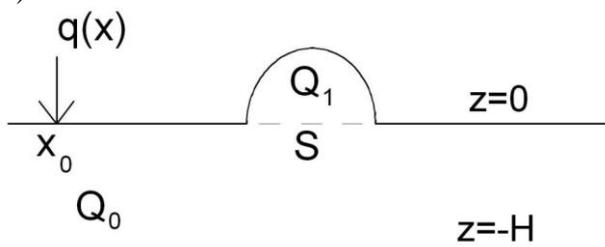
4)



$$S: \tau(x, z) = 0$$


---

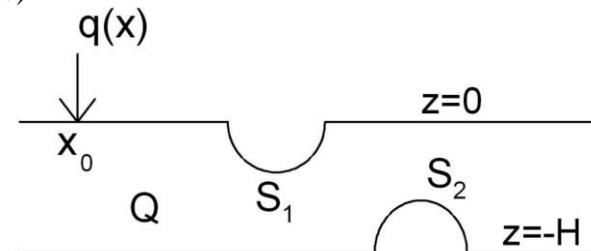
5)



$$S: \mathbf{u}_1(x, z) = \mathbf{u}_2(x, z); \tau_1(x, z) = \tau_2(x, z)$$


---

6)



$$S_1: \tau(x, z) = 0; S_2: \tau(x, z) = 0$$

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

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

Основные требования к результатам освоения дисциплины представлены в таблице в виде признаков сформированности компетенций. Требования формулируются в соответствии со структурой, принятой в ФГОС ВО: знать, уметь, владеть.

Название компетенции (или ее части)	Структура компетенции	Основные признаки сформированности компетенции
ПК-1 Способен решать актуальные и значимые задачи прикладной математики и информатики	Знать – основные понятия и гипотезы динамических задач теории упругости и исследуемых моделей волновых процессов	Знает основные понятия и гипотезы динамических задач теории упругости и исследуемых моделей волновых процессов
	Уметь – формулировать динамические краевые задачи; строить интегральное представление решения с помощью преобразования Фурье;	Умеет формулировать динамические краевые задачи; строить интегральное представление решения с помощью преобразования Фурье;
	Владеть – основами теории анализа динамики волновых процессов; техникой применения полуаналитических методов; навыками использования и совершенствования численных методов и программного обеспечения для расчета характеристик волновых процессов на базе прикладных пакетов, языков и сред программирования (Mathematica, Comsol, Matlab, Fortran)	Владеет основами теории анализа динамики волновых процессов; техникой применения полуаналитических методов; навыками использования и совершенствования численных методов и программного обеспечения для расчета характеристик волновых процессов на базе прикладных пакетов, языков и сред программирования (Mathematica, Comsol, Matlab, Fortran)
ПК-2 Способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках прикладных задач	Знать – состояние вопроса в исследуемой области, нерешенные актуальные задачи и перспективные способы их решения	Знает состояние вопроса в исследуемой области, нерешенные актуальные задачи и перспективные способы их решения
	Уметь – выбрать подход к исследованию задачи в области изучения волновых процессов в упругих телах, обосновать выбор соответствующих методов и грамотно их использовать; применять полуаналитические и прямые численные методы, и пакеты прикладных программ	Умеет выбрать подход к исследованию задачи в области изучения волновых процессов в упругих телах, обосновать выбор соответствующих методов и грамотно их использовать; применять полуаналитические и прямые численные методы, и пакеты прикладных программ для решения динамических волновых задач

	для решения динамических волновых задач	
	Владеть – навыками профессионального участия в научных дискуссиях, обсуждения полученных результатов и их представления в виде научных публикаций и отчетов	Владеет навыками профессионального участия в научных дискуссиях, обсуждения полученных результатов и их представления в виде научных публикаций и отчетов
ПК-3 Способен ориентироваться в современных алгоритмах компьютерной математики; обладать способностями к эффективному применению и реализации математически сложных алгоритмов	Знать: закономерности развития и различные концепции современной логики и методологии научного исследования; состояние вопроса в исследуемой области	<b>Знает</b> закономерности развития и различные концепции современной логики и методологии научного исследования; состояние вопроса в исследуемой области
	Уметь: выделять объемные и бегущие волны из интегрального представления; реализовывать полученные решения в виде компьютерных программ	<b>Умеет</b> выделять объемные и бегущие волны из интегрального представления; реализовывать полученные решения в виде компьютерных программ
	Владеть: навыками работы с информацией из различных источников для решения профессиональных задач; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации	<b>Владеет</b> навыками работы с информацией из различных источников для решения профессиональных задач; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации

### Примерный перечень вопросов, выносимых на экзамен

1. Основные определения и постановка задачи динамической теории упругости для полупространства и слоя.
2. Матрица Грина упругого полупространства.
3. Матрица Грина упругого слоя.
4. Основные свойства интегральных операторов динамических контактных задач.
5. Системы интегральных операторов для поверхностных источников колебаний.
6. Теоремы единственности. Доказательство.
7. Проекционный метод Галеркина.
8. Метод бесконечных систем.
9. Интегральное представление волновых полей в ближней зоне.
10. Метод стационарной фазы. Вклад невырожденной стационарной точки.
11. Асимптотическое представление объемных волн в дальней зоне.
12. Асимптотическое представление поверхностных и каналовых волн в дальней зоне.
13. Бегущие волны в упругом слое: волны Лэмба, SH-волны.
14. Нестационарные волны. Представление решения нестационарной задачи через решение гармонической задачи.
15. Представление нестационарных волн в дальней зоне.
16. Энергия упругих волн. Вектор Умова.

17. Мощность поверхностного источника.
18. Энергия объемных волн, проходящих через плоскость, параллельную поверхности среды.
19. Энергия поверхностных и каналовых волн, переносимых через плоскость, параллельную поверхности среды.
20. Энергия, переносимая волнами Лэмба.
21. Поток энергии в дальней зоне.
22. Баланс энергии стратифицированного полупространства и упругого слоя.
23. Перераспределение энергии в неоднородной среде.
24. Фундаментальное решение для внутреннего источника.
25. Внутренние источники в полупространстве.
26. Внутренние источники в упругом слое. Метод слоистых элементов.

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 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**

### **5.1 Основная литература:**

1. Алдошин Г.Т. Теория линейных и нелинейных колебаний. СПб.: Лань, 2013. 320 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4640>.
2. Гурбатов С.Н., Руденко О.В., Саичев А.И. Волны и структуры в нелинейных средах без дисперсии. Приложения к нелинейной акустике. М.: Физматлит, 2011. 496 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2171>.
3. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. М.: Физматлит, 2008. 498 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2192>.

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

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Александров В.М. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости/ В.М. Александров, М.И. Чебаков. М.: Физматлит, 2004. 299 с. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48233>.
2. Бабешко В.А. Динамика неоднородных линейно-упругих сред./ В.А. Бабешко, Е.В. Глушков, Ж.Ф. Зинченко. М.: Наука, 1989. 343 с.
3. Бабешко В.А. Обобщенный метод факторизации в пространственных динамических смешанных задачах теории упругости / В.А. Бабешко. М.: Наука, 1984. 254 с.
4. Глушков Е.В. Интегральные преобразования в задачах теории упругости / Е.В. Глушков, Н.В. Глушкова. Краснодар: КубГУ, 1990. 72 с.
5. Князев П.Н. Интегральные преобразования. М.: URSS, 2014. 197 с.
6. Горшков А.Г. Волны в сплошных средах / А.Г. Горшков, А. Л. Медведовский, Л. Н. Рабинский, Д. В. Тарлаковский. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. 467 с.
7. Моделирование ударно-волновых процессов в упругопластических материалах на различных (атомный, мезо и термодинамический) структурных уровнях. М.; Ижевск: изд-во Института компьютерных исследований, 2014. 295 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468342>

## 5.3. Периодические издания:

Использование периодических изданий не предусматривается.

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

1. <http://e.lanbook.com/>
2. <http://znanium.com/>
3. <http://www.biblioclub.ru>
4. <http://eqworld.impnet.ru/ru/library/mechanics/silid.htm>.

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В рамках освоения курса аспирант готовит доклад-сообщение, который представляет собой презентацию на заданную тематику, подготовленную средствами MS PowerPoint (или open-source аналоги) или в системе верстки LaTeX. В зависимости от выбранной тематики доклада презентация может содержать постановку задачи, краткое описание методики решения, а также основные результаты в графической форме.

По итогам выполнения заданий для самостоятельной работы необходимо представить текстовый отчет, содержащий постановку задачи, описание метода решения и особенностей его численной реализации. Кроме того в графическом виде должны быть представлены результаты проверки граничных условий, а также результаты расчета волновых полей. Отчеты выполняются на листах формата А4. Страницы текста, рисунки, формулы нумеруют, рисунки снабжают подрисуночными надписями. Текст следует печатать шрифтом №14 с интервалом между строками в 1,5 интервала, без недопустимых сокращений. В конце отчета должны быть сделаны выводы. Отчет должен быть подписан студентом с указанием даты ее оформления. Отчеты, выполненные без соблюдения перечисленных требований, возвращаются на доработку. Для подготовки отчета допускается использование редактора MS Word (или его open-source аналогов) или системы верстки LaTeX.

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

### 8.1 Перечень информационных технологий

- Проверка заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении лекционных занятий.

### 8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программное обеспечение для организации управляемого коллективного и безопасного доступа в Интернет.
4. Matlab.
5. Microsoft Office.
6. COMSOL Multiphysics

### 8.3 Перечень информационных справочных систем:

- Электронная библиотечная система "Юрайт" (<http://www.biblio-online.ru>).
- Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" (<http://www.biblioclub.ru>).
- Электронная библиотечная система издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com>).

## 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащённость
1.	Лабораторные занятия	Компьютерный класс, укомплектованный компьютерами с лицензионным программным обеспечением, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 101, 102, 106, 106а, 105/1, 107(2), 107(3), 107(5), А301).
2.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория для семинарских занятий, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (аудитории: 129, 131).
3.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованная необходимой мебелью (доска, столы, стулья) (аудитории: 129, 131, 133, А305, А307, 147, 148, 149, 150, 100С, А301б, А512), компьютерами с лицензионным программным обеспечением и выходом в интернет (106, 106а, А301)
4.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения, обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, необходимой мебелью (доска, столы, стулья). (Аудитория 102а, читальный зал).

Компьютерная поддержка учебного процесса по направлению 01.03.02 Прикладная математика и информатика обеспечивается по всем дисциплинам. Факультет компьютерных технологий и прикладной математики, оснащен компьютерными классами, установлена локальная сеть, все компьютеры факультета подключены к сети Интернет. Преподаватели вуза имеют постоянный доступ к электронному каталогу учебной, методической, научной литературе, периодическим изданиям и архиву статей. Студентам доступны современные ПЭВМ, современное лицензионное программное обеспечение.