

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

Периодические задачи теории упругости БЗ.ДВ.1

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Системное программирование, математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очно-заочное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Осипов Е.А.

**Рецензент(ы):**

Бахтиева Л.У.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

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 9107214

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) ассистент, б/с Осипов Е.А. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики , Evgenij.Osipov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель курса - ввести студентов в проблематику, связанную с решением задач теории упругости

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 5 курсе, 9 семестр.

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9 семестре

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2 (профессиональные компетенции)	умение понять поставленную задачу (ПК 2);
ПК-5 (профессиональные компетенции)	умение на основе анализа увидеть и корректно сформулировать математически точный результат (ПК 5);
ПК-7 (профессиональные компетенции)	умение грамотно пользоваться языком предметной области (ПК 7);
ПК-9 (профессиональные компетенции)	знание корректных постановок классических задач (ПК 9);

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы теории упругости

2. должен уметь:

строить решения для периодических задач теории упругости

3. должен владеть:

способностью ориентироваться в методах, используемых для решения периодических задач теории упругости

4. должен демонстрировать способность и готовность:

навыки применения нестандартных методов в решении подобных задач.

### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 9 семестре.

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

- 86 баллов и более - "отлично" (отл.);  
 71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основы теории упругости. Уравнения равновесия и закон Гука. Система уравнений Ламе.	9	1-3	0	0	12	
2.	Тема 2. Представление искомых функций в виде бесконечных рядов Флоке. Построение системы уравнений для комплексных амплитуд. Решение системы дифференциальных уравнений. Общее решение системы уравнений теории упругости.	9	4-6	0	0	10	
3.	Тема 3. Постановка двумерных задач дифракции упругой волны на периодической системе дефектов в слоистой среде. Условия на бесконечности. Условия на границе.	9	7-9	0	0	8	
4.	Тема 4. Решение парного сумматорного уравнения. Переход к интегральным уравнениям и бесконечной системе линейных алгебраических уравнений.	9	10-12	0	0	8	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Основы трехмерной теории упругости. Исходные уравнения и искомые величины.	9	13-15	0	0	10	
6.	Тема 6. Перенос метода решения периодических задач с двумерного на трехмерное пространство. Рассмотрение основных проблем, возникающих при переносе метода.	9	16-18	0	0	6	
	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	54	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Основы теории упругости. Уравнения равновесия и закон Гука. Система уравнений Ламе.**

**лабораторная работа (12 часа(ов)):**

Основы теории упругости. Уравнения равновесия и закон Гука. Система уравнений Ламе.

**Тема 2. Представление искомым функций в виде бесконечных рядов Флоке.**

**Построение системы уравнений для комплексных амплитуд. Решение системы дифференциальных уравнений. Общее решение системы уравнений теории упругости.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Представление искомым функций в виде бесконечных рядов Флоке. Построение системы уравнений для комплексных амплитуд. Решение системы дифференциальных уравнений. Общее решение системы уравнений теории упругости.

**Тема 3. Постановка двумерных задач дифракции упругой волны на периодической системе дефектов в слоистой среде. Условия на бесконечности. Условия на границе.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Постановка двумерных задач дифракции упругой волны на периодической системе дефектов в слоистой среде. Условия на бесконечности. Условия на границе.

**Тема 4. Решение парного сумматорного уравнения. Переход к интегральным уравнениям и бесконечной системе линейных алгебраических уравнений.**

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Решение парного сумматорного уравнения. Переход к интегральным уравнениям и бесконечной системе линейных алгебраических уравнений.

**Тема 5. Основы трехмерной теории упругости. Исходные уравнения и искомые величины.**

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

Основы трехмерной теории упругости. Исходные уравнения и искомые величины.

**Тема 6. Перенос метода решения периодических задач с двумерного на трехмерное пространство. Рассмотрение основных проблем, возникающих при переносе метода.**

### лабораторная работа (6 часа(ов)):

Перенос метода решения периодических задач с двумерного на трехмерное пространство. Рассмотрение основных проблем, возникающих при переносе метода.

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

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основы теории упругости. Уравнения равновесия и закон Гука. Система уравнений Ламе.	9	1-3	Изучение формул и законов теории упругости	15	Устный опрос
2.	Тема 2. Представление искомых функций в виде бесконечных рядов Флоке. Построение системы уравнений для комплексных амплитуд. Решение системы дифференциальных уравнений. Общее решение системы уравнений теории упругости.	9	4-6	Методы решения систем дифференциальных уравнений.	15	Устный опрос
3.	Тема 3. Постановка двумерных задач дифракции упругой волны на периодической системе дефектов в слоистой среде. Условия на бесконечности. Условия на границе.	9	7-9	иные условия на бесконечности.	15	Письменная работа
4.	Тема 4. Решение парного сумматорного уравнения. Переход к интегральным уравнениям и бесконечной системе линейных алгебраических уравнений.	9	10-12	Задачи дифракции акустических волн	15	Интерактивный опрос
5.	Тема 5. Основы трехмерной теории упругости. Исходные уравнения и искомые величины.	9	13-15	Пространственные задачи теории упругости	15	Дискуссия

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Перенос метода решения периодических задач с двумерного на трехмерное пространство. Рассмотрение основных проблем, возникающих при переносе метода.	9	16-18	решение задачи трехмерной теории упругости	15	Письменная работа
	Итого				90	

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

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой

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

#### Тема 1. Основы теории упругости. Уравнения равновесия и закон Гука. Система уравнений Ламе.

Устный опрос , примерные вопросы:

Уравнения динамической теории упругости. Уравнения равновесия, характеристики, физический смысл. Следствия закона Гука. Система диф. уравнений второго порядка. Уравнения Ламе.

#### Тема 2. Представление искомых функций в виде бесконечных рядов Флоке. Построение системы уравнений для комплексных амплитуд. Решение системы дифференциальных уравнений. Общее решение системы уравнений теории упругости.

Устный опрос , примерные вопросы:

Теорема Флоке. Квазипериодичность функций. Зависимость функций от времени. Метод комплексных амплитуд. Решения систем фиф. уравнений первого и второго порядков. Элементарные волны. Представление, физический смысл.

#### Тема 3. Постановка двумерных задач дифракции упругой волны на периодической системе дефектов в слоистой среде. Условия на бесконечности. Условия на границе.

Письменная работа , примерные вопросы:

Решение задачи дифракции плоской упругой волны с заданными условиями на границе. Задача: На границу упругой полуплоскости, расположенной на жестком основании, падает плоская упругая волна. Требуется найти дифрагированную упругую волну уходящую в верхнюю полуплоскость с учетом условий на бесконечности при заданных условиях на границе раздела сред (условия задаются индивидуально).

#### Тема 4. Решение парного сумматорного уравнения. Переход к интегральным уравнениям и бесконечной системе линейных алгебраических уравнений.

Интерактивный опрос , примерные вопросы:

Методы перехода к парному сумматорному функциональному уравнению. Метод частичных областей. Выявление возможных методов решения ПСФУ в интерактивной форме с использованием ПК. Интегральные уравнения. Методы решения. Сравнение эффективности (скорости решения на ПК, точности полученного решения) разными методами. Переход к БСЛАУ. Наглядная демонстрация эффективности решения задачи дифракции путем сведения к БСЛАУ (использование программного комплекса).



## **Тема 5. Основы трехмерной теории упругости. Исходные уравнения и искомые величины.**

Дискуссия , примерные вопросы:

Отличия трехмерной теории упругости от трехмерной теории электродинамики. Искомые функции, представление в виде двоякопериодических рядов Флоке. Переход к векторной форме записи. Векторные уравнения теории упругости.

## **Тема 6. Перенос метода решения периодических задач с двумерного на трехмерное пространство. Рассмотрение основных проблем, возникающих при переносе метода.**

Письменная работа , примерные вопросы:

Решение задачи дифракции упругой волны в полупространстве с заданными условиями на границе. Задача: На границу упругого полупространства, расположенного на жестком основании, падает упругая волна, заданная в виде волны Флоке. Требуется найти дифрагированную упругую волну уходящую в верхнее полупространство с учетом условий на бесконечности при заданных условиях на границе раздела сред и двоякопериодической системе дефектов (условия задаются индивидуально на дефектах и вне дефектов).

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Предусмотрена сдача зачета, вопросы для зачета:

Вопросы зачету (экзамену) по курсу "Периодические задачи теории упругости"

1. Динамическая система уравнений теории упругости;
2. Метод комплексных амплитуд;
3. Общее решение системы уравнений теории упругости;
4. Собственные числа, собственные векторы сист. диф. ур. теории упругости;
5. Система уравнений Ламе;
6. Переход от системы диф. ур. второго порядка к системе диф. ур. первого порядка
7. Представление квазипериодических функций;
8. Теория Флоке. Квазипериодичность функций
9. Волны Флоке
10. Значение Бета  $\beta_n$ , смысловое значение;
11. представление падающей упругой волны
12. Элементарные гармоники упругой волны Флоке
13. Энергетические характеристики упругой волны
14. Закон сохранения энергии упругой волны
15. Вектор Умова-Пойнтинга. Значение вектора при определении направленности волны
16. Положительно и отрицательно определенные упругие волны
17. Условия на бесконечности;
18. Условия на границе
19. Условия полного контакта. Физический смысл
20. Условия скольжения без трения. Физический смысл
21. Условия сопряжения сред для задач сопряжения. Отличия от условий на границе
22. Постановка задачи дифракции;
23. ПСФУ
24. Интегральные функции
25. 1-е интегральное уравнение
26. 2-е интегральное уравнение
27. Постановка задачи дифракции в векторной форме;
28. БСЛАУ
29. Решение БСЛАУ методом редукции



## 30. Интегралы $I_k, J_k$

### 7.1. Основная литература:

1. Иродов И. Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. - 9-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 431 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4389](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4389)

2. Кузнецов С. И. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 248 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=412940>

3. Ландсберг Г. С. Элементарный учебник физики. Том 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика [Электронный ресурс] : Учеб. пособие в 3 т. / Под ред. Г. С. Ландсберга. - 13-е изд. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 656 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2239](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2239)

4. Плещинский, Н.Б. Модели и методы волноводной электродинамики [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие / Н. Б. Плещинский ; Казан. гос. ун-т .? Электронные данные (1 файл: 0,7 Мб) .? (Казань : Казанский федеральный университет, 2013) .? Загл. с экрана .? Для 6-го семестра .? Документ является электронной копией оригинала: Модели и методы волноводной электродинамики: учебное пособие / Н. Б. Плещинский. -- Казань: [Казан. гос. ун-т], 2008. -- Фондодержатель Научная библиотека Казанского федерального университета .? Режим доступа: открытый.

[http://libweb.ksu.ru/ebooks/09\\_64\\_ds012.pdf](http://libweb.ksu.ru/ebooks/09_64_ds012.pdf)>.

### 7.2. Дополнительная литература:

Модели и методы волноводной электродинамики, Плещинский, Николай Борисович, 2008г.

1. Плещинский Н.Б. Модели и методы волноводной электродинамики: учебное пособие / Н. Б. Плещинский; Казан. гос. ун-т - Казань: [Казан. гос. ун-т], 2008, 103 с

2. Насыров А.М. ВОЛНОВЫЕ процессы. Ч.7, Распространение упругих волн/ А.М.Насыров,А.В.Христофоров: Учеб.-метод.пособие / А.М.Насыров; Казан.гос.ун-т,Физ.фак. - Казань: Б.и., 1998, 55с.

3. Горшков А.Г., Медведский А.Л., Рабинский Л.Н. Волны в сплошных средах. □ Физматлит, 2004. □ 472 с.

4. Плещинский Н.Б. Отражение , преломление и дифракция двумерных упругих волн. Метод преобразования Фурье. □ Препринт ПМФ-04-01. □ Казань: Казанск. матем. об-во, 2004. □ 34 с.

5. Тумаков Д.Н. Собственные колебания упругой полосы. □ Препринт ПМФ-05-02. □ Казань: Казанск. матем. об-во, 2005. □ 26 с.

6. Тумаков Д.Н. Распределение энергии в плоском упругом волноводе. □ Препринт ПМФ-06-02. □ Казань: Казанск. матем. об-во, 2007. □ 30 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет ресурс "АКАДЕМИК" -

[http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_mathematics/2389/%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%90%D0](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_mathematics/2389/%D0%9A%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%90%D0)

Лекции - Осесимметричные задачи теории упругости - <http://www.twirpx.com/file/113324/>

Лекции по теории упругости - <http://www.soprotmat.ru/lectuprugost1.htm>

Плоские задачи теории упругости. постановка задач - <http://www.stroitmeh.ru/lect66.htm>

УПРУГИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТОГО КОМПОЗИТА, ОСЛАБЛЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ТРЕЩИН - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=35076](http://kpfu.ru/publication?p_id=35076)

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

Освоение дисциплины "Периодические задачи теории упругости" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Аудитория, оснащенная доской и мелом

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Системное программирование, математическое моделирование .

Автор(ы):

Осипов Е.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.